ה. יורגן פרס

נסה ודע
שעשועי מדע

200 ניסויים ויותר
מתחומי הטבע והטכניקה

תרגמה: עדנה קורנפלד

מהדורת דָבָר

ניצנים

במקור: SPIEL DAS WISSEN SCHAFT
© 1964, 1967 Otto Maier Verlag Ravensburg
All rights reserved
מהדורה שמינית 1974

ניצנים

© קופירייט מהדורה עברית 1976
כרטא + צור את צור
כל הזכויות שמורות
אסור להעתיק מספר זה בכל צורה שהיא
ללא מתן רשות בכתב מאת ההוצאה

סודר בדפוס "עמל"
נדפס במפעלי דפוס פלאי

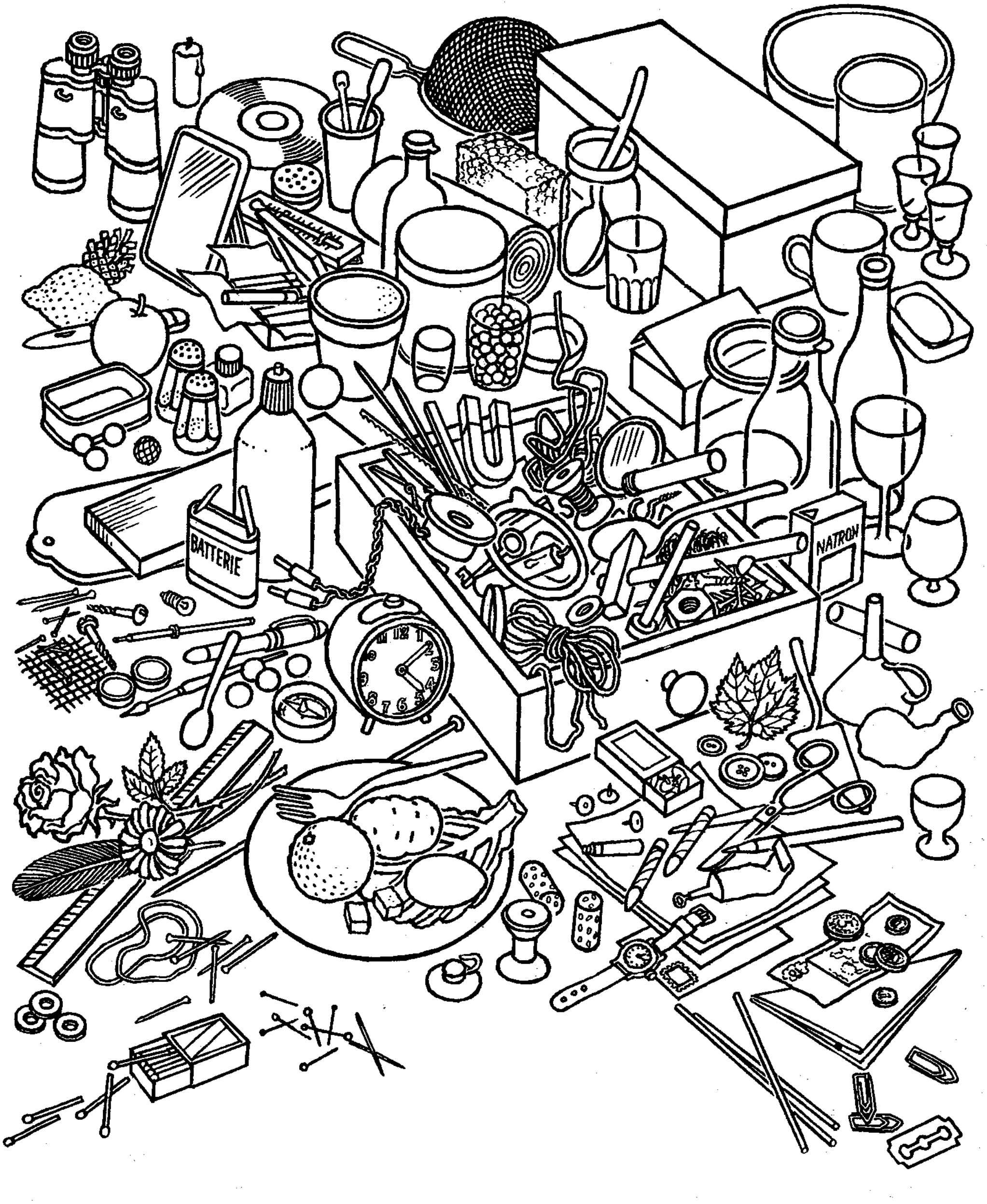
ניסויי מדע — שעשוע מרתק

אפשר, למשל, לעשות קשר בסיגריה בלי שזו תישבר ואפשר להבעיר אש מתחת לפני המים. אפשר גם להפיק מי-שתיה מחול המדבר או לבנות תנור שמש ולאפות בו תפוח אדמה. כיצד עושים זאת? ובכן, מספר זה למדתי, כי אין דבר קל מזה. רוב הניסויים המתוארים בו הם באמת ממש משחק ילדים. וחשוב לא פחות מזה: כדי לבצע אותם אין צורך במכשירים או באבזרים מיוחדים. כל מה שדרוש, מצוי בדרך כלל בכל משק בית. ניגשים למלאכה והתוצאות מפתיעות, לעתים אפילו מדהימות — כמו להטוטי הכישוף של קוסם.

אולם אין זאת אומרת שמדובר כאן במעשי כשפים. כלל וכלל לא. אין ולא כלום בין כישוף לבין ניסויים אלה, המתבצעים בהתאם לחוקי הטבע, שנלמד להכיר אגב משחק משעשע ומרתק.

כך ייוודעו לנו, כאילו מאליהן, עובדות-יסוד רבות מתחומי הפיסיקה, הכימיה והטכניקה. אנו חיים בתקופה, שהשפעתם של הישגי המחקר והטכניקה על חיינו גוברת משנה לשנה. כמעט לא נותרו עוד מקצועות, שאינם מצריכים השכלה מדעית או טכנית מסויימת. יתר על כן, אין ספק שכבר בעתיד הקרוב נעמוד לנוכח ההכרח, לדעת יותר, הרבה יותר משאנו נדרשים לדעת היום. על כן טוב עושה מי שמקדים לרכוש לעצמו ידע זה. כולנו מסוגלים לעשות זאת בנקל — תוך כדי שעשוע מרתק.

ד״ר טומאס פון ראנדוב



כל מה שנחוץ לניסויים מצוי, בדרך כלל, בבית.

התוכן

מקצת אסטרונומיה
1 תמונת השמש
2 שעון השמש
3 שעון כמצפן
4 שעון עולמי

ניסויים בצמחים
5 תפוח אדמה במבוך
6 אור השמש יוצר חיים
7 השקייה אוטומטית
8 מעברים סמויים
9 שורש מלאכותי
10 קולות רפאים
11 גשם בצנצנת
12 צמיחת זיגזג
13 שלד־עלה
14 פרח אחד בשני צבעים

כימיה במשק הבית
15 מיקסם צבעים
16 נמלים כצַבָעים
17 כתב־סתרים
18 ורד מולבן
19 העתקת תמונות
20 להבת סוכר
21 עשן דליק
22 מיתקן־גז
23 שקילת גז
24 מכבי־אש
25 שריפה ללא אש
26 ברזל בוער

זרם חשמלי
27 סוללה מתפוח אדמה
28 זרם־כסף
29 גראפיט כמוליך חשמל
30 מיני־מיקרופון
31 מעגלים מיסתוריים
32 אלקטרומגנט
33 מכשיר איתות חשמלי
34 מניפת־אור

ניסויים בחשמל סטאטי
35 בלונים דבוקים
36 פלפל ומלח
37 זהירות נחש!
38 קשת מים
39 "ברוגז" בין בלונים
40 האורז המשתולל
41 אלקטרוסקופ פשוט
42 כדורגל חשמלי
43 פרעושים חשמליים

44 בובות נייר מרקדות
45 מתח גבוה
46 פגיעת ברק
47 מאור חשמלי

ניסויים בכוח מגנטי

48 קווי כוח מגנטיים
49 הכוח המגנטי של כדור הארץ
50 כיצד מגלים כוח־מגנטי?
51 עשה לך מצפן
52 נטיה אל הקוטב
53 ברווזים מגנטיים

לחץ אוויר וזרימתו

54 הממחטה שאינה נרטבת במים
55 בלון בבקבוק
56 הבקבוק והמשפך
57 מים מרחפים
58 כוחו של לחץ־האוויר על נייר
59 בקבוק כברומטר
60 חזאי צפרדע
61 מיזרקה
62 מעלית לגפרורים
63 זהירות, בומראנג!
64 סודו של המטבע
65 בנה לך רקטה
66 הביצה היודעת לעשות היפוך
67 זרימת אוויר מוזרה
68 ברנולי צדק
69 המטבע העקשן
70 הכדור הכלוא
71 האגורה המעופפת
72 גלויית הדואר המרחפת
73 הנר והמשפך
74 פיצוץ בתוך בקבוק
75 הכוס הכפולה
76 כיצד להוציא מטבע מהמים
בלי להירטב?

ניסויים בחום

77 הבקבוק המכושף
78 מי ניפח את הבלון
79 מד־חום בבקבוק
80 בלון־האפר
81 מתכת מתפשטת
82 פיצוץ האבן
83 מעשה באפונים
84 בד חסין־אש
85 חסימת אש
86 הרחת מטבעות
87 אש במים
88 סיר בישול מנייר

התאיידות

89 ספינת־קיטור
90 ספינות־רחף
91 גשם בחדר
92 תחנה מטאורולוגית
93 מד־לחות
94 מים מחול־המדבר
95 טבילת המטבע
96 ספינת־דחף

קור וקרח

97 מאין נושבת הרוח?
98 יצירת קור
99 עמוד קרח
100 קוביית הקרח והקרחון
101 קוביית הקרח וחוט הברזל
102 כיצד לדוג קוביית קרח?

ניסויים בנוזלים

103 מחרוזת פנינים
104 צמח־מים
105 כיפת־מים
106 כמו ספינה בנחשולי הים
107 מתכת צפה
108 מסננת בלתי עבירה למים
109 להטוט בחבל
110 מרוץ סירות
111 החוט המזנק
112 רכבת קטנה
113 בועות סבון
114 שרוול־רוח
115 שושנת מים
116 פרח הפלאים

גופים צפים וכוח העילוי

117 הפסד משקל
118 חוק ארכימדס
119 בעיה של משקל
120 סוד מפלסי המים
121 למי האגרוף היותר גדול?

122 ביצה מרחפת
123 מחול כדורי הנפטלין
124 החרוז הצולל
125 צוללת בבקבוק
126 כוח העילוי של הכוהל
127 הר געש מתחת לפני המים
128 חידת הבלונים
129 הבלון המכושף

כוח הכובד ושיווי משקל

130 המשקולת ושיווי המשקל
131 הכפתור הלוליין
132 קורה מרחפת
133 נדנדת־נרות
134 מאזני מכתבים
135 מטה קסמים
136 קופסת־בומרנג
137 מפגן אקרובטיקה

טכניקה והרכבת כוחות

138 גשר־נייר
139 הקופסה הבלתי שבירה
140 הביצה והאגוז
141 קשר בסיגריה
142 נייר חסין־חיתוך
143 מדוע הגולה אינה נופלת?
144 ביצה כסביבון
145 כדורת מטבעות
146 התנהגות מפתיעה של מטבעות

כוח התמדה

147 העפרון שאינו נופל
148 מטמון במגדל
149 צלילת הביצה
150 איזה חוט ייקרע?
151 התפוח החתוך
152 מיטווח־מטבעות

גלי הקול

153 חלילית נוחמת
154 קשית השתיה המוסיקלית
155 עוגב־מים
156 העברת־קול
157 צלצול פעמונים
158 רמקול עשוי נייר
159 צופר
160 צעדים בשקית

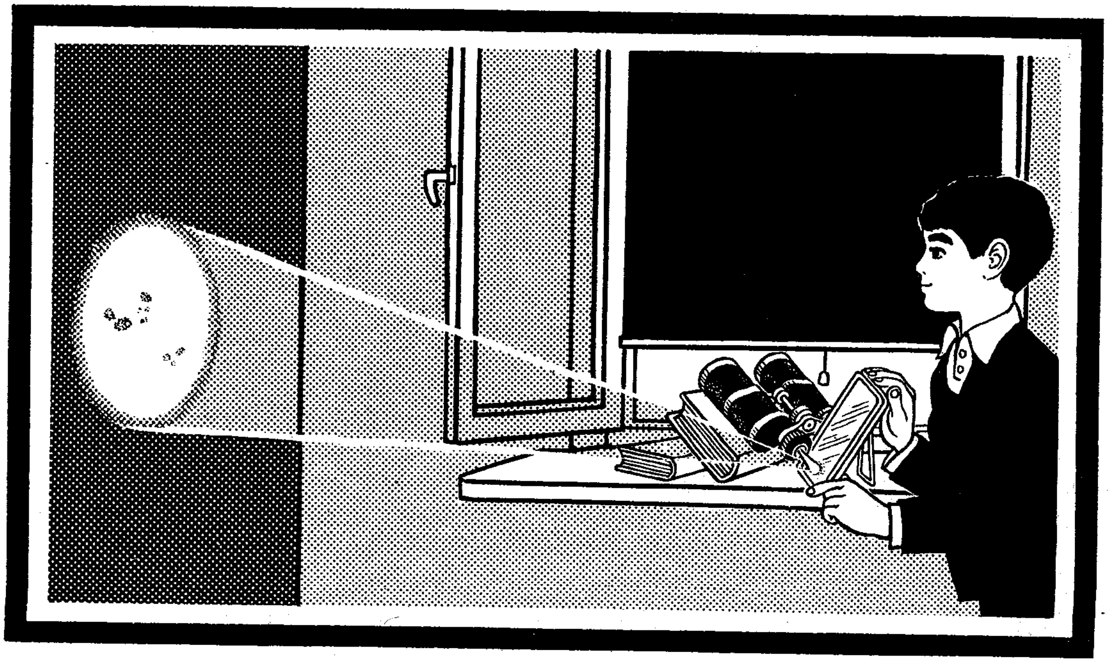
פלאי האור

161 לשכה אפלה
162 מצית הקרח
163 חימום אצבע
164 תנור שמש
165 טחנת־אור
166 הכף המתקצרת
167 משחק־צללים
168 מערבולת גז
169 מקסם אור
170 קליידוסקופ
171 מבט אל האין־סוף
172 הסיכה הזוהרת
173 הגדלה מוזרה
174 קשת צבעים בנוצה
175 צבעי קשת
176 גלגל צבעוני
177 סביבון צבעים
178 ברקים משמיים כחולים
179 רוח רפאים בטירה
180 דג זהב באקוואריון
181 להיכן נעלמה הארנבת
182 אבק בעיניים
183 חור ביד
184 חללית לירח
185 כדור מיסתורי

תעתועי חושים

186 האף הכפול
187 מבחן מישוש
188 שניית האימה
189 מדוע היד מתבלבלת?
190 הקפות
191 היכן הטעות?
192 מה משקל המטבע?
193 מה רואים?
194 מה עובי המטבעות?
195 אותיות שיכורות
196 אומדן מרחקים
197 מי גדול יותר?
198 תעלומת הלוח הלבן
199 מה מסתובב — הפטיפון או התקליט?
200 המטבע המדומה
201 היגלוש הפודינג מן הצלחת?
202 זהירות — מגדל מתמוטט!
203 תמונות חיות
204 קולנוע־כיס

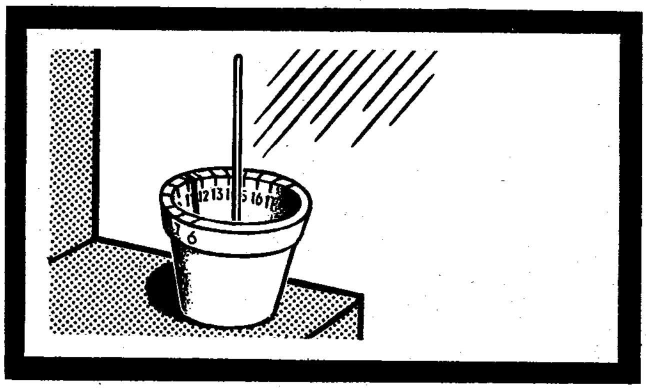
מקצת אסטרונומיה



1 תמונת השמש

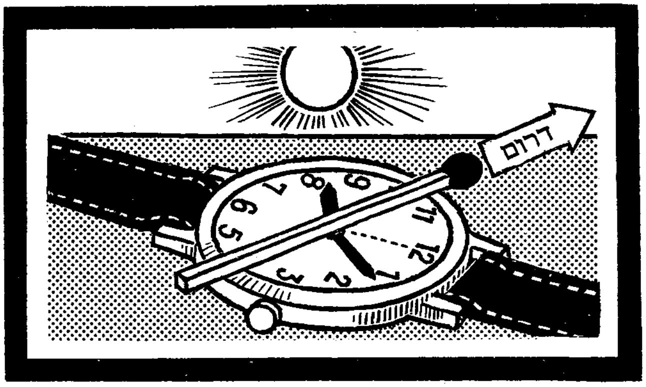
הניחו משקפת על אדן החלון או לצדו, מול השמש, כך שהעדשות יימצאו בזווית ישרה לעומת קרני האור. הציבו לפני אחת העדשות האחוריות ראי באופן כזה, שיטיל את תמונת השמש על הקיר שממול. כוונו את המשקפת, עד שתתקבל תמונה חדה והאפילו את החדר.
הייתם מסכנים את מאור עיניכם, אילו צפיתם במשקפת אל השמש באופן ישיר! אולם על גבי הקיר תוכלו להתבונן בכדור הזוהר בנחת ולראותו בגודל ניכר ובבהירות רבה, כאילו ישבתם בקולנוע. גם בעננים, השטים ברקיע ובציפורים ניתן להבחין, ולעתים, במשקפת מטיב מעולה, אפילו בכתמי השמש. כתמי השמש הם מקומות פחות לוהטים בכדור האש, הקרוי שמש. למעשה, יש לכתמי שמש אלה ממדי ענק, שיקשה עלינו לתארם בדמיוננו. לא מעטים מהם גדולים עד כדי כך, שכמה וכמה כדורי-ארץ יכלו להכנס בהם. עקב סיבובו של כדור הארץ, תמונת השמש נודדת במהירות ניכרת לאורך הקיר. אל תשכחו לתאם מפעם לפעם את כיוון המשקפת, בהתאם למקומה המשונה של השמש ברקיע. בירח ובכוכבים אי אפשר לצפות בדרך זו, מפני שהאור, המוקרן מהם, אינו חזק די הצורך.

2 שעון שמש



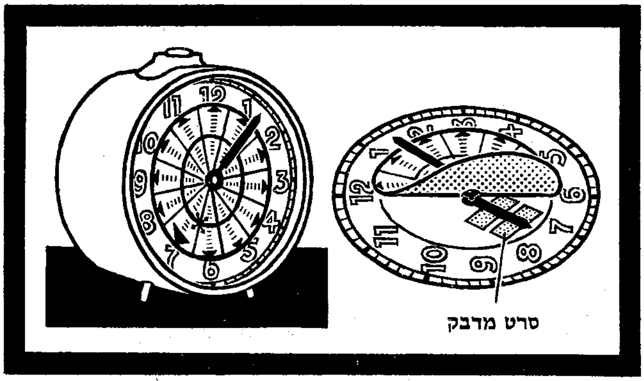
קחו עציץ והציבו בחור שבתחתיתו מקל ארוך. שימו את העציץ במקום שהשמש מגיעה אליו במשך כל שעות היום. בהתאם לתנועת השמש, ינדוד צלו של המקל לאורך שפת העציץ. סמנו מדי שעה לפי השעון, את המקום, שהצל נופל עליו, על שפת העציץ. שעון השמש שהתקנתם, ישמש שעון לכל דבר — כל עוד השמש זורחת.
כדור הארץ מסתובב על צירו, לכן נדמה לנו, כאילו השמש היא שנעה ומסתובבת מעלינו במסלול דמוי חצי עיגול. בבוקר ובערב קרני השמש נשלחות אל העציץ בזווית שטוחה ועוצמת האור חלשה יותר, ואילו בשעה 12.00 בצהריים מגיעה קרינת האור לעוצמתה המרבית. תודות למבנה המשופע של דופן העציץ, נוח לעקוב עליו אחר תנועתו של מחוג-הצל.

3 שעון כמצפן

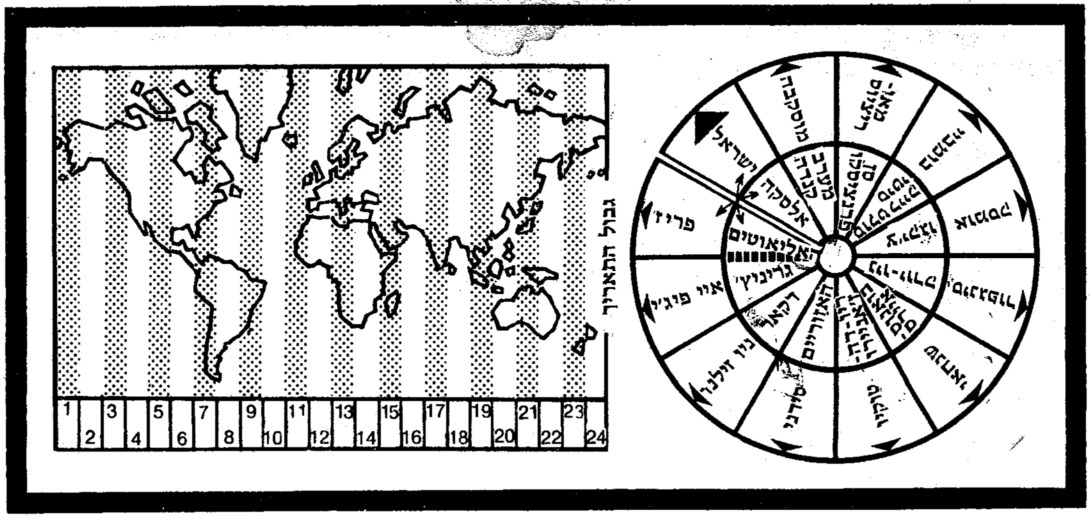


הניחו שעון במאוזן, שמחוג השעות יהיה מכוון בדיוק אל השמש. חצו בגפרור את השטח, שבין מחוג-השעות לבין הספרה 12, והנה קצה הגפרור יירה בדיוק לכיוון דרום.
כאמור, כדור הארץ מסתובב על צירו, כשמדי 24 שעות הוא משלים סיבוב אחד. כך נוצר הרושם, כאילו השמש היא ה"נודדת". אולם מחוג השעות מסתובב באותן 24 שעות פעמיים סביב לוח השעון; כך שלפני הצהריים אנו חוצים לשניים את המרחק ממחוג השעות אל הספרה 12 ואילו אחר הצהריים את המרחק מהספרה 12 אל מחוג השעות: הגפרור יורה תמיד לכיוון דרום. בשעה 12 בצהריים מורים מחוג השעות והספרה 12 כאחד לעבר השמש, הנמצאת בשעה זו בדיוק בדרום.

4 שעון עולמי



העתיקו או גזרו והדביקו על נייר-בריסטול את לוח השעון העולמי שבתמונה למעלה, מימין. קחו שעון מעורר, הסירו את מכסה הזכוכית, העבירו את מחוג הדקות בחור שבמרכז הלוח והדביקו אותו אל מחוג השעות. הקפידו שהחץ הגדול "ישראל" יימצא בדיוק מעל מחוג השעות. עם מחוג זה מסתובב לוח השעון העולמי ועל כן יש לדאוג, שהלוח יוכל לנוע בחופשיות. השעון יורה מה השעה בכל מקום ברחבי העולם.
תחילה הביטו ורשמו מה השעה לפי הזמן בישראל. אם תתקדמו בעיגול החיצון ימינה, תמצאו את המקומות השוכנים ממזרח לישראל. עם כל משבצת נוספת יזוז השעון בשעה אחת, כלומר מאוחר בשעה נוספת. ואילו אם תנועו מכיוון החץ בעיגול הפנימי

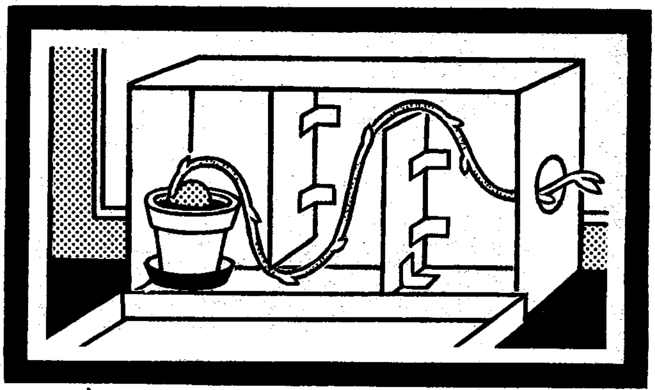


שמאלה, תמצאו את המקומות השוכנים ממערב לישראל. במקרה זה, עם כל משבצת נוספת שתעברו, יהיה מוקדם בשעה אחת. אם החץ הגדול ישראל מורה על שעה 13.00 אז באיי האליאוטים כבר חצות. הקו הבולט בין משבצות איי פיג'י ו"איי האליאוטים" מסמן את גבול-התאריך. לדוגמה: אם בישראל השעה 20.02, מה השעה בלוס אנג'לס? מבט על מפת העולם מראה, שלוס אנג'לס שוכנת באזור הזמן של סאן פרנציסקו. אם נתקדם בלוח השעות העולמי בעיגול הפנימי שמאלה, עד שנגיע למשבצת סאן פרנציסקו, נראה כי שם, ברגע זה, השעה 10.02.

המפה, למעלה משמאל מראה את העולם וחלוקתו לאזורי-זמן. מאחר שתוך 24 שעות כדור הארץ מסתובב על צירו סיבוב שלם אחד, השמש נעה — למראית עין — ממזרח למערב וקובעת את הזמן הנתון בכל אחד מאזורי הזמן. במפה זו בישראל השעה 14.00, ובניו יורק, למשל, רק 7.00 בבוקר. ואילו במקומות שבקצה הימיני של המפה (גבול-התאריך) כבר מתחיל יום חדש. אם מסמנים כל אזור-גבול ואת המשבצת המתאימה על לוח השעון בצבע שונה, אפשר להבחין במבט אחד לאיזה אזור-זמן שייך כל אחד מהמקומות, ששמותיהם מופיעים על הלוח.

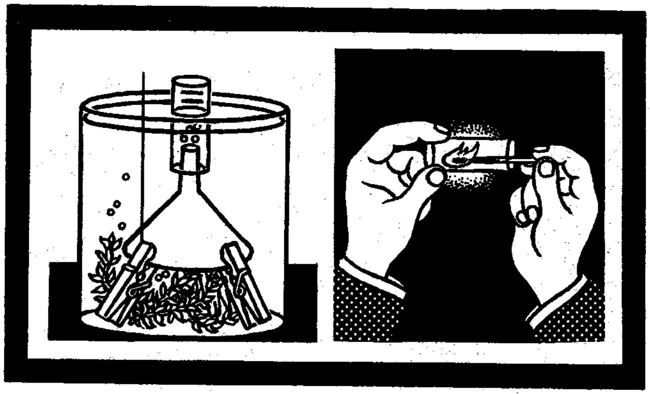
ניסויים בצמחים

5 תפוח אדמה במבוך



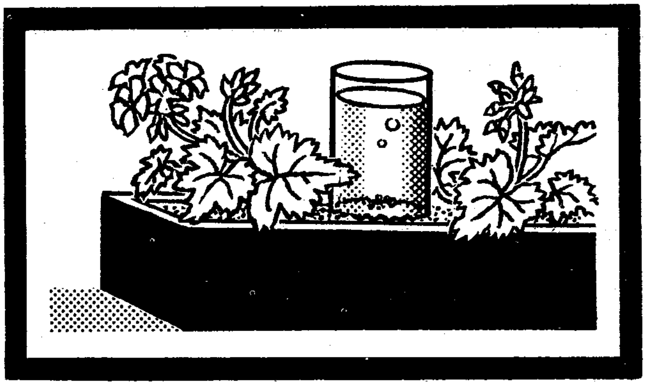
שתלו תפוח אדמה מונבט בעציץ מלא אדמה לחה. קחו קופסת נעליים והתקינו בה שתי מחיצות והקפידו שיישאר מרווח פתוח מתחת למחיצה אחת ומרווח פתוח מעל המחיצה השנייה. גזרו באחת מדפנות הרוחב של הקופסה חור עגול והציבו את העציץ בתא האחורי. סגרו את הקופסה והניחו אותה על אדן חלון (או בגינה). כעבור ימים אחדים הנבט ימצא את דרכו אל האור במבוך החשוך.
צמחים מצויידים בתאים רגישי אור, המנחים את כיוון צמיחתם. אפילו חדירת האור המזערית לתוך הקופסה, די בה כדי להנחות את הנבט בצמיחתו. הוא יתעקל ויתפתל ובלבד שיגיע אל האור. עם זאת יהיה חיוור מאוד, מפני שבתנאי חשיכה אין הוא מסוגל לייצר את הכלורופיל — הצבע הירוק, שהוא יסוד חשוב של צמיחתו.

6 אור השמש יוצר חיים



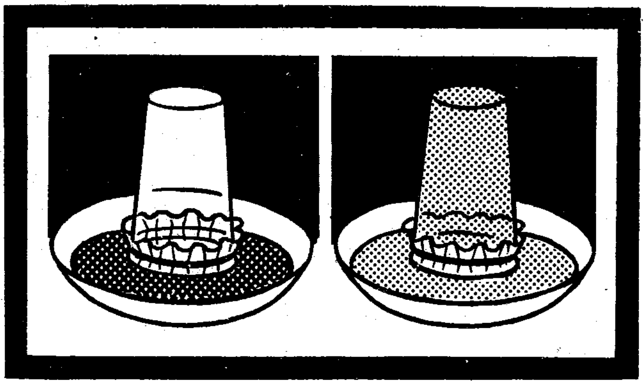
מלאו צנצנת זכוכית גדולה למדי מים טריים ושימו בה נבטים אחדים של עשב-מים (אלודיאה קנדנזיס, צמחי נוי באקוואריומים), אם תשימו את הצנצנת בשמש, מיד יעלו בה בועות זעירות של גז. שימו מעל הצמחים משפך הפוך ועל פי המשפך הלבישו צינורית-זכוכית. הגז המופרש על ידי הצמחים יעלה אל הצינורית ויצטבר בה. צמחים זקוקים לאור השמש. בעזרתו הם יוצרים בחלקיהם הירוקים את העמילן — פחמימה על פי תרכובתו — המשמש אחד מחומרי הבניין החשובים בגוף הצמח והחי. בהשפעת האור הצמח יוצר את העמילן, כשהוא קולט דו-תחמוצת-הפחמן מן האוויר. בתהליך זה משתחרר חמצן — ואומנם כך גם בניסוי שלנו. חלק מחמצן זה מתרכז בתוך הצינורית. אפשר להיווכח בכך בדרך פשוטה: אם תכניסו קיסם עץ לוהט לתוך הצינורית, הוא יתלקח בשלהבת בהירה.

7 השקייה אוטומאטית



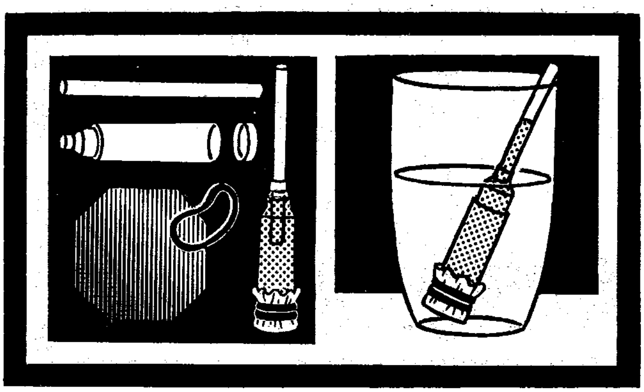
קחו בקבוק, מלאו אותו מים ותקעו אותו, במהופך, עד מחציתו לתוך האדמה של אדנית-פרחים (או עציץ). מפעם לפעם תעלה בבקבוק בועת אוויר, סימן שהצמחים אכן צורכים את המים. מלאי המים יספיק לימים אחדים, בהתאם לזני הצמחים, צפיפותם ומזג האוויר (זהירות — לא לפגוע בשורשים!).
מתוך הבקבוק ניגרים מים רק עד שהאדמה מסביב רוויה. פליטת המים מתחדשת רק לאחר שהצמחים ספגו מן האדמה את רוב רטיבותה והיא התיבשה במידה כזאת, שאוויר שוב יכול לחדור דרכה אל הבקבוק. אדמה נוקשה תקשה על הצמח לספוג מים, אדמה תחוחה תקל עליו את המלאכה.

8 מעברים סמויים



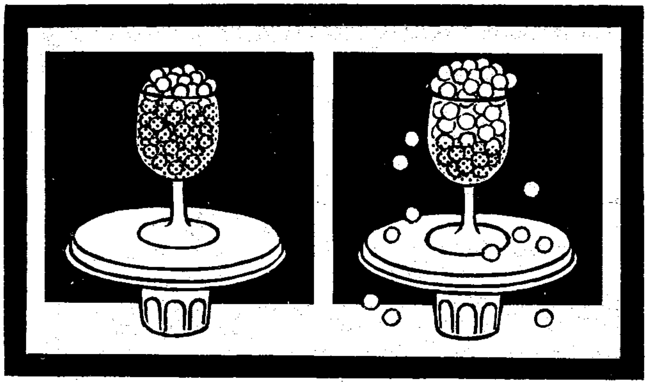
המיסו כפית מלח בכוס מים וסגרו היטב את פי הכוס בנייר קלף (פרגאמנט) מהודק מסביב בגומייה רחבה. הכינו צלחת מים צבועים בצבע בולט ושימו בה — במהופך — את הכוס הסגורה. למרות שאין בנייר פתחים נראים לעין, עד מהרה יהיו גם המים שבכוס צבעוניים.
מבעד לנקבוביות הבלתי נראות של מחיצת-הנייר חודרים החלקיקים הזעירים של המים והצבע. תכונה זו של נוזלים להתמהל בכוחות עצמם בנוזל אחר נקראת פעפוע או אוסמוזה. כל התאים החיים מצוידים במחיצה כזאת וקולטים בדרך זו מים וחומרים מומסים.

9 שורש מלאכותי



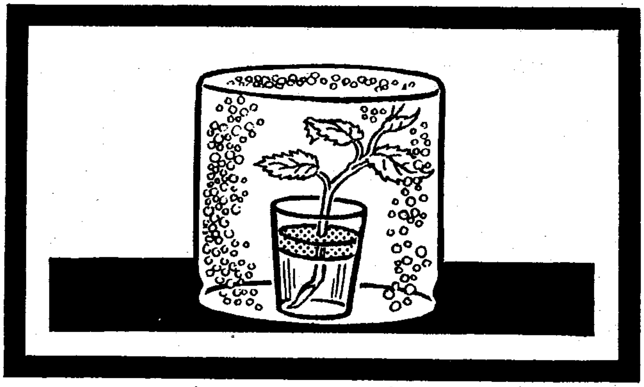
קטעו את תחתיתו של מיכל דיו (מילוי) ומתחו על הפתח פיסת נייר צלופן בעזרת גומיה. מלאו את המיכל תמיסה מרוכזת של מי סוכר, נעצו בפתחו העליון צינורית פלסטיק ושימו אותו בכוס מים. מי הסוכר יתחילו אט אט לעלות בצינורית.
חלקיקי המים שבכוס חודרים מבעד למחיצת הצלופן, ואילו חלקיקי הסוכר, בהיותם גדולים יותר, אינם יכולים לצאת מן המיכל אל הכוס באותה הדרך. המים החודרים פנימה מדללים את תמיסת הסוכר, ומן הלחץ, שנוצר עולה התמיסה בתוך הצינורית. גם כאן לפנינו תהליך של פעפוע. אותו תהליך פעפוע מאפשר למים לחדור מבעד לדפנות התאים אל שורשי הצמח ומשם לנימים המוליכות אותם הלאה.

10 קולות רפאים



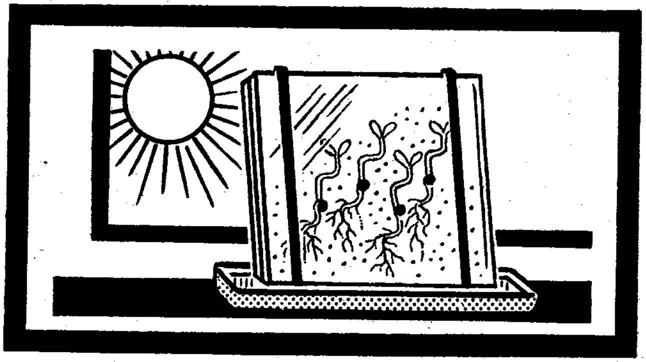
הציבו גביע של יין על מכסה-פח. מלאו את הגביע מנה גדושה של אפונים יבשות וצקו עליו בזהירות מים עד שיתמלא. הר האפונים ילך ויגבה אט אט, עד שלפתע יישמע רעש, העשוי להימשך לסירוגין שעות ארוכות: האפונים יתדרדרו בזו אחר זו למטה ובנופלן על מכסה הפח ישמיעו קולות נקישה מסתוריים.
שוב לפנינו תופעה, המבוססת על תהליך הפעפוע. מבעד לקליפה, המים חודרים אל תאי האפונה וממיסים שם את חומרי המזון שלה. הלחץ הנוצר גורם לאפונים שיתפחו במידה ניכרת. באותה הצורה חודרים המים החיוניים דרך הדפנות של כל התאים הצמחיים וממתחים אותם. כאשר צמח נשאר ללא מים, תאיו מתרופפים, כלומר — הוא נובל.

11 גשם בצנצנת



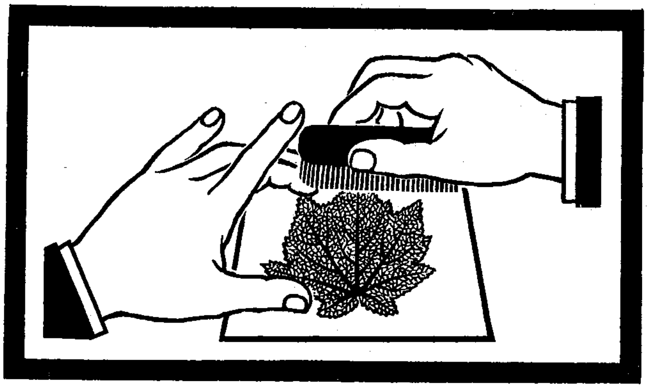
שימו ענף ירוק בכוס מים והעמידו את הכוס בשמש. צקו על המים שכבה של שמן והלבישו על הכוס צנצנת-זכוכית גדולה. כעבור זמן קצר יצטברו על דפנות הצנצנת טיפות מים.
מאחר שהשמן אינו חדיר-מים, לא יתכן שהטיפות הגיעו אל דפנות הצנצנת מן המים שבכוס. למעשה, המים, הנספגים על ידי הצמח הצומח חוזרים ונפלטים אל האוויר דרך הנקבוביות הזערוריות שבקרום החיצון של העלים. השמש חיממה את האוויר שבצנצנת יותר משחיממה את הזכוכית (זכוכית היא מוליך חום גרוע!). עקב פעולות הצמח, אוויר זה רווי לחות עד כי חלק ממנה מתעבה לטיפות מים זעירות. טיפות אלו נצמדות — בדומה לגשם דק — אל דפנות הזכוכית, הקרירה יותר.

12 צמיחת זיגזג



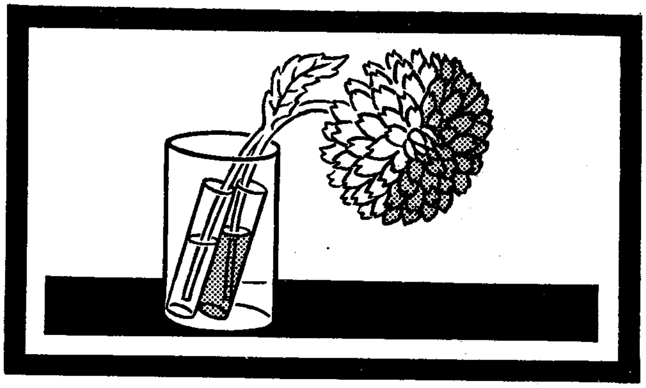
שימו זרעים שנבטו על נייר סופג בין שתי לוחיות זכוכית וחברו אותן בגומיות. הציבו את הלוחיות המחוברות בכלי מים רדוד ליד החלון. סובבו כל יומיים את הזכוכיות עם הנבטים בזווית של 90 מעלות (זווית ישרה), כך שכל פעם צלע אחרת של הריבוע תשמש לו בסיס. בעוד השורשים גדלים תמיד כלפי מטה — הגבעולים יצמחו תמיד ובכל מצב כלפי מעלה.
הצמחים מצויידים במעין חושים, המנחים אותם, כך ששורשיהם נמשכים תמיד לעבר נקודת המרכז של כדור הארץ, ואילו הגבעול נמשך תמיד לכיוון ההפוך. במורד משופע, למשל, שורשי העצים אינם צומחים לעומק האדמה בקו מאונך לפני הקרקע, אלא בכיוון מרכז כדור הארץ.

13 שלד-עלה



שימו על נייר סופג עלה של עץ כלשהו. קחו מברשת בגדים והקישו בה בזהירות על העלה, בלי להזיז אותה בשעת המגע לצדדים ובלי ללחוץ יותר מדי. העלה ינוקב יותר ויותר עד שישאר ממנו רק השלד על הסתעפויותיו הדקיקות.
רקמת התאים העסיסית של החלק הרחב והשטוח של העלה, הקרוי טרף, נמעכת על ידי זיפי המברשת ונספגת בנייר הסופג. השלד, העשוי רקמה מוצקה יותר ועצית במקצת, עומד בלחץ המברשת.

14 פרח אחד בשני צבעים



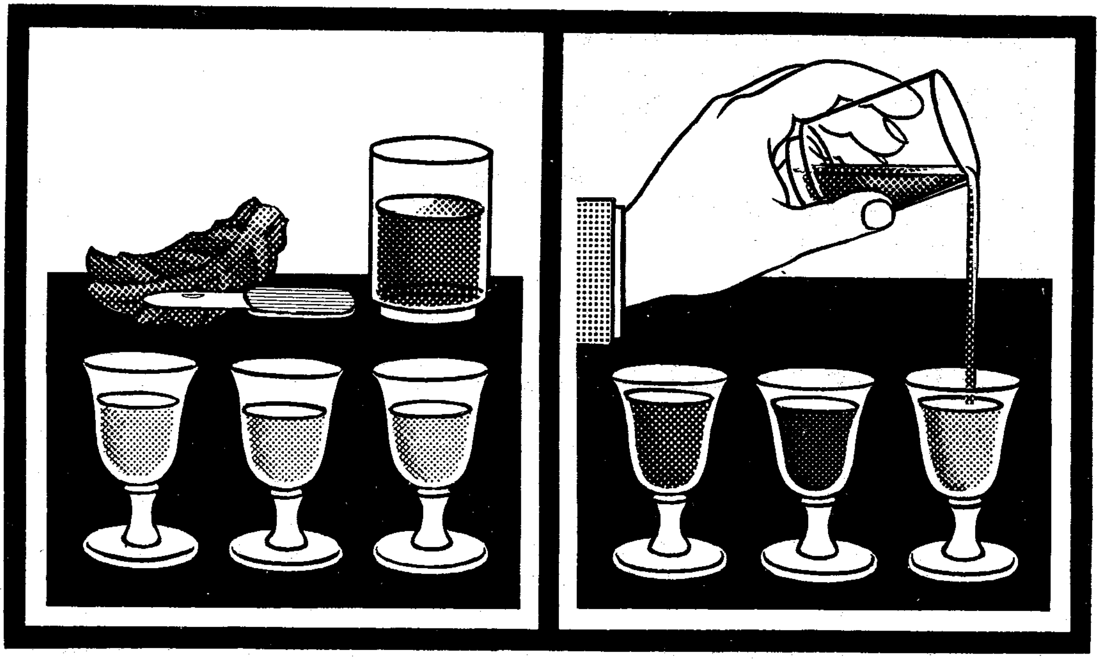
קחו שתי מבחנות זכוכית, מלאו אותן מים צבועים בצבע מאכל. למשל, מים אדומים באחת ובאחרת מים צהובים. שימו את שתיהן יחד בתוך כוס. קחו פרח לבן כלשהו, דליה או צפורן (או כל פרח לבן אחר), פצלו בסכין את גבעול הפרח ושימו כל אחד משני הקצוות לאחת המבחנות. כעבור שעות אחדות הפרח יהיה חציו אדום וחציו צהוב. מי הצבע עולים בגבעול הפרח בצינורות הדקיקים, שבהם עוברים גם המים וחומרי המזון, שהוא זקוק להם. בהגיעם אל עלי הכותרת, חומרי הצבע מצטברים שם והמים עצמם, נפלטים, ברובם הגדול, ומתנדפים באוויר.

כימיה במשק הבית

15 מיקסם צבעים

חתכו עלה של כרוב אדום לחתיכות דקות, שימו בכלי וצקו על הכרוב מים רותחים. כעבור חצי שעה העבירו את מי הכרוב דרך מסננת, ותקבלו נוזל סגול, שתוכלו לעשות בו מעשה קסם, שידהים את חבריכם: שימו על שולחן שלוש כוסות, שכל אחת מהן מכילה למראית עין מים רגילים. למרות שעל פי המראה אין ניכר הבדל בין שלושת הנוזלים, הרי, למעשה, רק הכוס הראשונה מכילה מים; השניה — חומץ לבן; והשלישית — תערובת של מים ומעט סודה לשתיה. אם תשפכו לכל אחת משלוש הכוסות מקצת ממי הכרוב שלכם, התוצאה תהיה מפתיעה: פתאום שלוש הכוסות יכילו, כל אחת, נוזל בצבע שונה: הראשון יהיה סגול, השני אדום והשלישי ירוק.

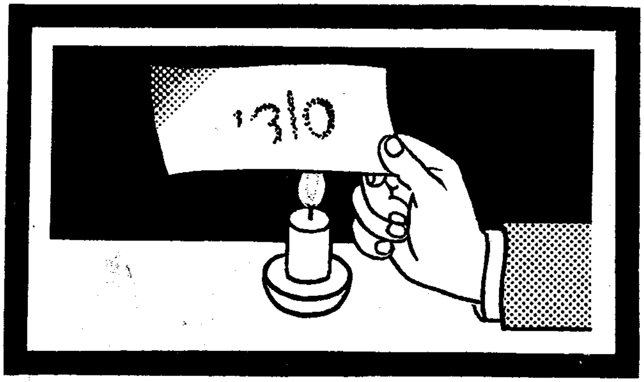
הצבע הסגול של הכרוב מצטיין בתכונה מיוחדת: במגע עם נוזל חומצתי הוא משתנה לאדום, בנוזל בסיסי (אַלקאַלי) הוא נהפך לירוק ואילו במים הנקיים, הניטראליים, הצבע הסגול אינו משתנה. צבעי זיהוי דומים (אינדיקאַטורים) משמשים בכימיה לאבחנה, אם נוזל מסויים הוא חומצה או בסיס.



16 נמלים כצבעים

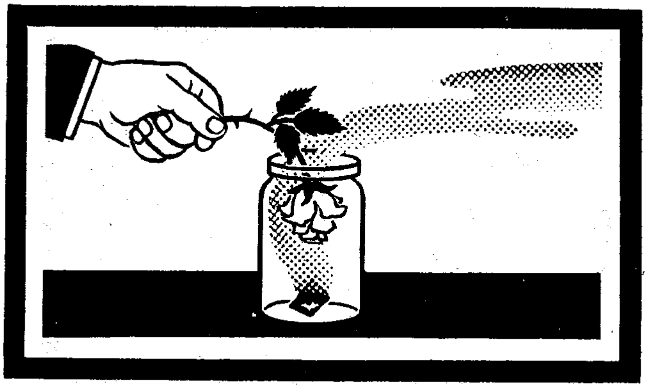
אם יזדמן לכם, בשעת טיול, לפגוש בקן-נמלים, תוכלו לבצע בו במקום ניסוי כימי קטן: קרבו פרח סגול כלשהו אל הקן והחזיקו אותו בסמוך לנמלים, בלי לנגוע בהן. הנמלים, המבחינות בפרח ורואות בו איום על בטחונן, מתיזות עליו נוזל בעל ריח חריף. במקומות הפגועים יתחלף צבעם הסגול של עלי הכותרת לאדום.
הנמלים יוצרות בפלג האחורי של גופן נוזל צורבני, המשמש להן אמצעי הגנה. אדם חש בהשפעתו של נוזל זה, שעה שנמלה צובטת אותו, ואף על פי שאין זה נעים, אין זה מסוכן כלל וכלל. מאחר שבמקומות, שטיפות הנוזל פוגעות בפרח, הצבע הסגול מתחלף באדום, יודעים אנו שמדובר בנוזל חומצתי — הוא חומצת-הנמלים.

17 כתב-סתרים



אם תרצו פעם לכתוב הודעה סודית, קחו, פשוט, מעט חומץ, או מיץ לימון, או מיץ בצל וכתבו את ההודעה על נייר לבן, כאילו כתבתם בדיו ממש. אחרי שיתייבש, הכתב יהיה בלתי נראה לחלוטין. מקבל ההודעה צריך לדעת, שיש להחזיק את הנייר מעל להבה של נר. אז הכתב ילבש גוון חום ויהיה קריא.
מגע עם חומץ או עם מיץ לימון (או מיץ בצל) גורר שינוי כימי בנייר והופך אותו לחומר, הדומה לצלופן. מאחר שחום השריפה (כלומר הטמפרטורה הדרושה לשם התלקחות) של אותו חומר דמוי-צלופן נמוך מזה של הנייר, הכתב ייחרך מעט, שעה ששאר שטח הדף, שהחומץ לא נגע בו, יישאר לבן.

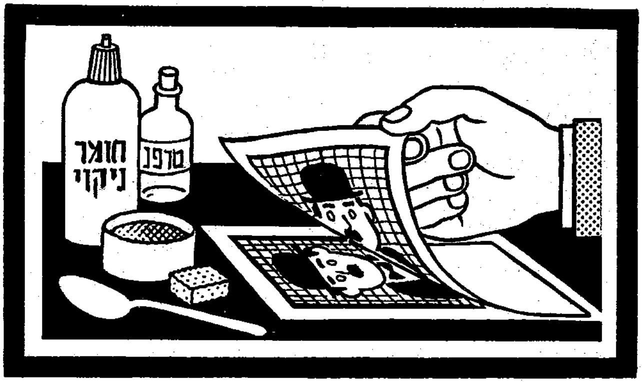
18 ורד מולבן



הדליקו — בעזרת קיסם ארוך — מעט גופרית בצנצנת של ריבה. עשו ניסוי זה בחוץ כי נפלט בו עשן צורב. החזיקו ורד אדום בחלל הצנצנת. לנגד עיניכם גון הוורד יחוויר וילך עד שילבין.

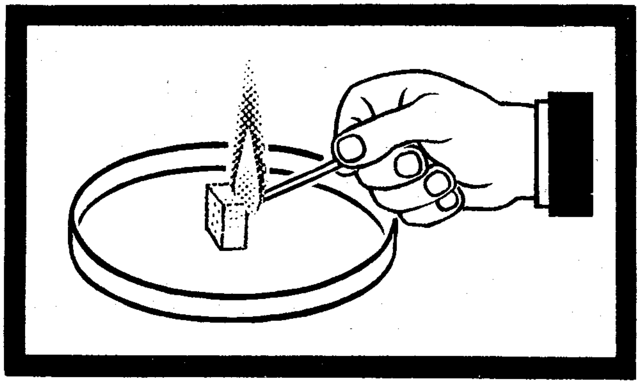
בשעת שריפת הגופרית נפלטת דו-תחמוצת הגופרית, המועילה כחומר מחטא (היא הורסת נבגים, ועל כן משתמשים בה לחיטוי צנצנות שימורים, למשל), אבל גם הורסת פיגמנטים, כלומר, חומרי-צבע. בעטייה של תכונה זו, דו-תחמוצת הגופרית היא בעלת השפעה הרסנית על מרכיבי גונם הירוק של צמחים. זו הסיבה להתפתחותם הגרועה של צמחים באזורי תעשיה, שבהם פליטת דו-תחמוצת הגופרית מזהמת את האוויר.

19 העתקת תמונות



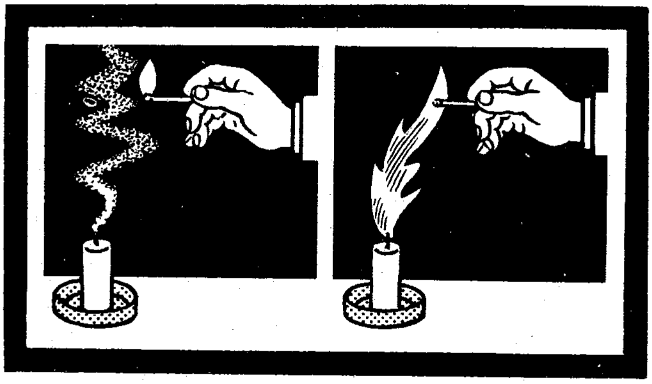
אפשר בנקל להעתיק תצלומים וציורים מעתונים: ערבבו שתי כפות מים בכף אחת טרפנטין וכף אחת של תכשיר לשטיפת כלים. קחו ספוג והרטיבו בעזרתו בזהירות את התמונה המבוקשת בנוזל שהכנתם. אם תשימו עתה על התמונה דף נייר-כתיבה ותעבירו עליו את הכף תוך לחיצה קלה, תקבלו העתק ברור של התמונה שבעתון.

כאשר מערבבים את הטרפנטין בתכשיר הניקוי נוצרת תערובת הקרויה תחליב (אמולסייה). תערובת זו חודרת אל בין חלקיקי הצבע והשמן המיובשים של התמונה המודפסת וממיסה אותם. בהיותו שוב במצב נוזלי, צבע הדפוס עובר אל דף הנייר המוצמד אליו. עם זאת אפשר להמיס רק את צבע הדפוס של עתונים רגילים, כי התמונות המבריקות שבכתבי עת מצויירים מכילות לכה, חומר שאינו נמס בנקל.



20 להבת סוכר

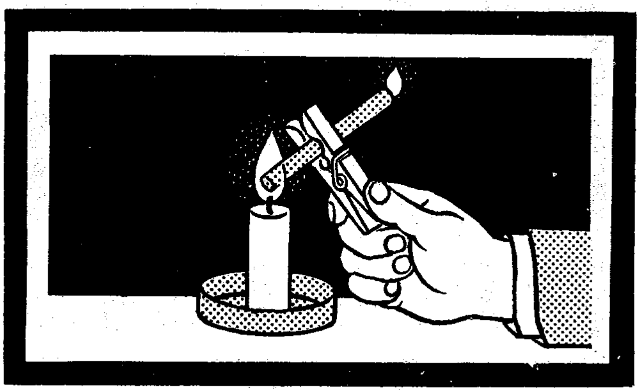
אם תשימו קוביית סוכר על תחתית של פח ותנסו להצית אותה בגפרור דולק — לא תצליחו בכך. אך אם תזרו על אחת מזוויות הקובייה מעט אפר של סיגריה ותקרבו לשם גפרור בוער — הסוכר יידלק ויבער באש כחולה עד שיישרף כליל.
אפר-סיגריות וסוכר, בנפרד, אי אפשר להדליק. אף על פי כן האפר הוא שהביא להתלקחותו של הסוכר. חומר, המסוגל להפעיל תהליך כימי מסויים, בלי שהוא עצמו ישתנה מכך, מכונה קטאליזאטור.



21 עשן דליק

הדליקו נר, הניחו לו לבעור זמן מה ונשפו בו. כאשר יכבה, ייתמר מן הפתיל עשן לבן. אם תקרבו גפרור בוער אל עמוד העשן, תשתרבב לפתע לשון אש, שתזנק כלפי מטה אל הפתיל, ותצית אותו מחדש.
אחרי כיבוי הנר, הסטיארין, העוטף את הפתיל עדיין מחומם דיו, כדי שיוסיף להתנדף בצורת אדים. אדים אלה דליקים ואש פתוחה מדליקה אותם מיד. כך תוכלו להדליק את הנר שנית, בלי לקרב את הגפרור הבוער אל פתילו.

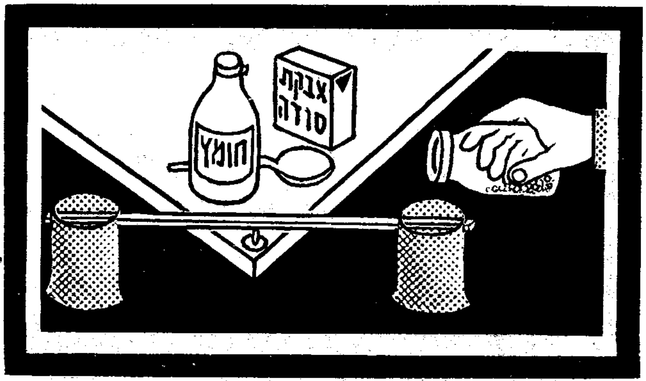
22 מיתקן-גז



גלגלו פח דק באורך כ-10 ס״מ על עיפרון, והקפידו, שאחרי הוצאת העיפרון יתקבל מעין צינור קטן. החזיקו אחד מקצות הצינור בתוך להבה של נר. אם תקרבו גפרור בוער אל הקצה האחר, תידלק שם להבה שנייה.

כמו כל חומרי הדלק המוצקים והנוזליים גם הסטיארין יוצר בשעת התחממות גזים דליקים. חלק מהם נשרפים יחד עם חמצן האוויר בשכבה החיצונית של להבת הנר ובחודה, חלקם מצטברים במרכז הלהבה. אפשר איפוא להזרים גזים אלה — אדי הסטיארין, — דרך צינור, ממש כמו את גז הבישול, המוזרם מן המיכל אל הכיריים שבמטבח.

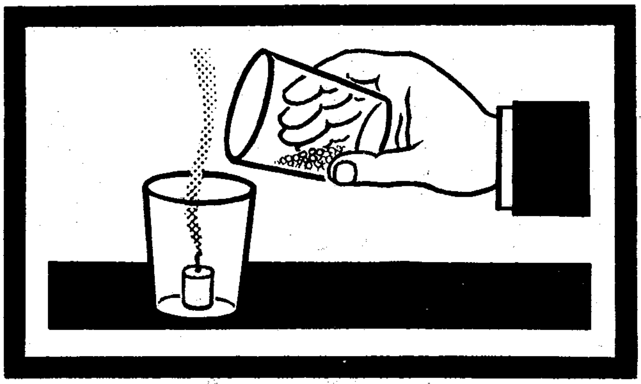
23 שקילת גז



קחו מקל או רפפת עץ באורך כ-50 ס״מ. השחילו בשני הקצוות שקיות פלאסטיק והניחו אותו על חודו של נעץ בתנוחה מאוזנת, בדומה למוט של מאזניים. שימו בכוס כפית אבקת סודה לשתיה וצקו עליה מעט חומץ. תוכנה של הכוס יתחיל להקציף, בעטיו של תהליך כימי, המלווה פליטת גז. אם תקרבו את פי הכוס אל פתחה של אחת השקיות, יופרע שיווי המשקל: מוט המאזניים יטה לצד השקית שהחזקתם מעליה את הכוס.

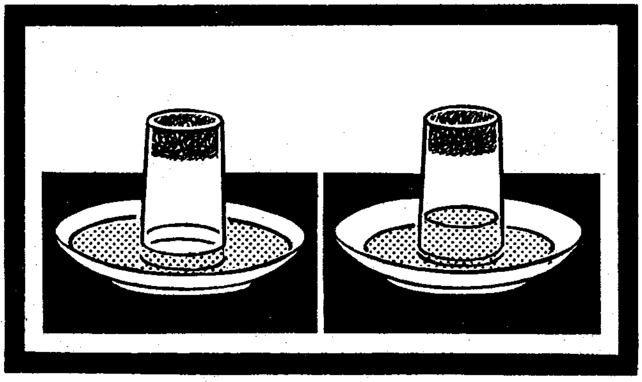
הגז הנפלט בתהליך כימי זה נקרא: דו-תחמוצת-הפחמן והוא כבד יותר מן האוויר. על כן ניתן ל״שפוך״ אותו לתוך השקית ותגובתו של מוט המאזניים מוכיחה, כי השקית הממולאת דו-תחמוצת-הפחמן אכן כבדה מזו, שיש בה רק אוויר.

24 מכבי-אש



הדליקו בכוס ריקה בדל של נר. בכוס אחרת שימו — כמו בניסוי הקודם — כפית סודה ומעט חומץ. כאשר יתהווה קצף, הטו את הכוס מעל הלהבה: הנר יכבה מיד. דו-תחמוצת-הפחמן הנוצרת בתהליך של הרכבה כימית בתוך הכוס העליונה כבדה יותר ועל כן היא דוחה את האוויר, הדרוש לבעירת הלהבה. ובהיותה בעצמה בלתי דליקה, היא בהכרח מחניקה את האש. על פי שיטה זו פועלים מכשירים שונים לכיבוי אש (מטפים): הקצף המותז, מורכב מבועות דו-תחמוצת-הפחמן. הן מקיפות את הלהבות ומנתקות אותן מאספקת החמצן.

25 שריפה ללא אש



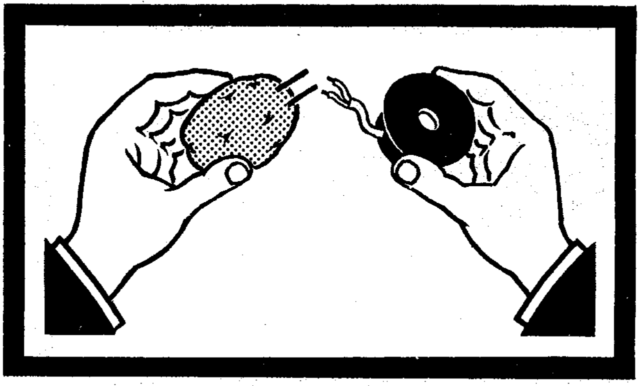
קחו חופן צמר-פלדה והרטיבו אותו מעט. דחסו היטב את צמר-הפלדה לתוך כוס ושימו את הכוס במהופך בצלחת עם מים. בתחילה ימנע האוויר שבכוס את חדירת הנוזל, אך במהרה ילך וירד מפלס-המים שבצלחת, שעה שבתוך הכוס המפלס יעלה. אחרי שצמר הפלדה נרטב, הוא מתחיל להחליד. בדומה לתהליך של שריפה, — הברזל מתחבר עם החמצן שבאוויר ונאכל. לתהליך זה קוראים חימצון או אוקסידאציה. מאחר שהאוויר מורכב בחלקו מחמצן, יעלו המים שבכוס, עד שכעבור שעות אחדות ימלאו חלק מהללה.

26 ברזל בוער

האם עלה בדעתכם, שאפילו ברזל עשוי להישרף באש? כרכו מעט צמר פלדה דק סביב קיסם-עץ והחזיקו אותו מעל להבה של נר. המתכת תתלקח ותישרף כמו זיקוקין דינור.
תהליך החימצון (האוקסידאציה), שבניסוי הקודם היה איטי, מתחולל כאן בקצב מהיר. גם כאן הברזל מתחבר אל חמצן האוויר לתחמוצת ברזל. לפיכך נוצרת טמפרטורה גבוהה יותר מנקודת ההיתוך של הברזל. בשל טיפות הברזל הלוהטות הנושרות מצמר הפלדה הבוער, רצוי לבצע ניסוי זה בתוך כיור.

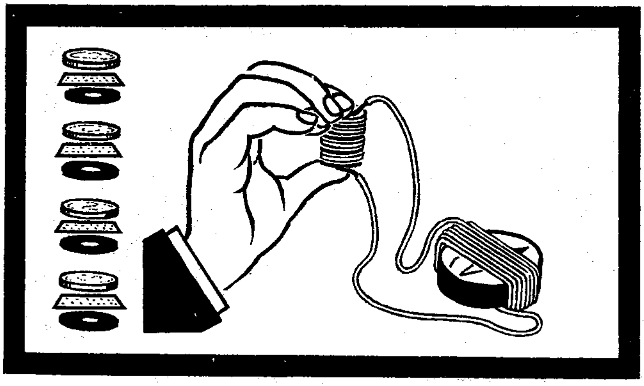
זרם חשמלי

27 סוללה מתפוח אדמה



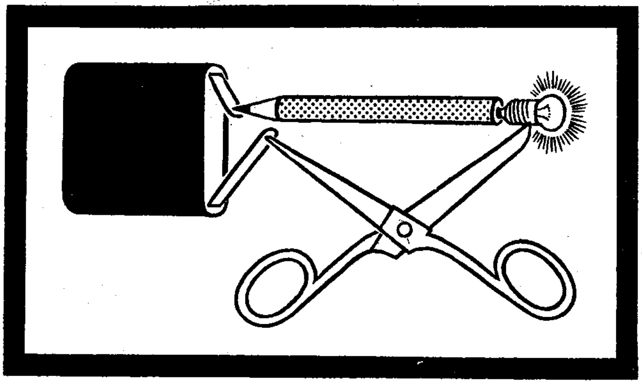
נעצו בתפוח אדמה תיל נחושת ותיל אבץ (צינק) באורך כ-10 ס"מ. אם תקרבו אל תילי הנחושת והאבץ אוזנייה, תשמעו בבירור קולות רשרוש.
הרשרוש נגרם על ידי זרם חשמלי. בדומה לסוללה של פנס כיס, יוצרים תפוח האדמה והתילים זרם חשמלי, אף כי זרם חלש מאוד: בתהליך כימי משפיע עסיס תפוח האדמה על שתי המתכות האלו ולכן נוצרת, בין השאר, אנרגייה חשמלית, המכונה זרם גאלוואני, על שם הרופא האיטלקי גאלוואני. בשנת 1789, בעשותו ניסוי דומה, הבחין גאלוואני לראשונה בתהליך זה.

28 זרם-כסף



שימו זה על גבי זה — לסרוגין — כמה מטבעות נחושת (5 או 10 אגורות) ופיסות דקות של פח-אבץ ובין כל צמד של שתי המתכות הכניסו פיסת נייר ספוג טבול במי מלח. בסידור זה משתחררת אנרגייה חשמלית. כדי להיווכח, כי אכן כך הדבר, לפפו מצפן כ-50 לפיפות בתיל נחושת דק ואת שני הקצוות החשופים של התיל הצמידו, אחד אל המטבע הקיצוני מזה והאחר אל טבלית האבץ הקיצונית מזה. הזרם יגרום את תנודתה של מחט-המצפן.
בניסוי דומה יצר הפיסיקאי האיטלקי וולטה זרם חשמלי. תמיסת המלח משפיעה על המתכות, בדומה לעסיסו של תפוח האדמה בניסוי הקודם.

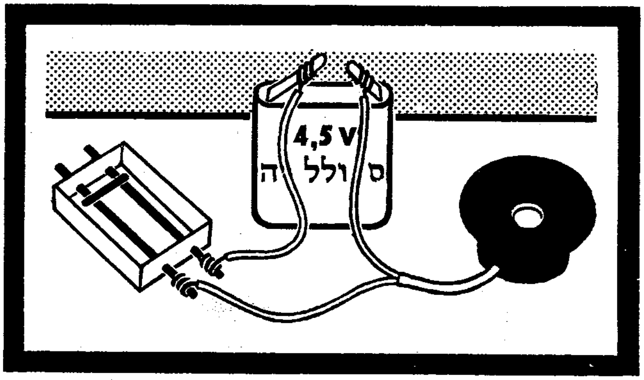
29 גראפיט כמוליך חשמל



חברו נורה של פנס כיס אל סוללה על ידי יצירת מגע בעזרת מספריים ועיפרון: הנורה תידלק.

מן הלשון הארוכה יותר של הסוללה, שהיא הקוטב השלילי, עובר זרם החשמל דרך מתכת המספריים אל הנורה ומדליק אותה. ממנה הוא ממשיך לזרום דרך גליל הגראפיט הדק של העיפרון אל הלשון הקצרה של הסוללה, שהיא הקוטב החיובי. מכאן, שהגראפיט הוא מוליך חשמל טוב; אפילו קו-עיפרון על גבי נייר מוליך חשמל, ואם הוא ישמש חלק ממעגל חשמלי, שאליו מחוברים סוללה ואפרכסת (לדוגמה: אוזנייה של טרנזיסטור), ייתכן לשמוע רעשים של זרם חשמלי.

30 מיני-מיקרופון



הכינו שלושה גלילי גראפיט, שניים ארוכים ואחד קצר ושפשפו אותם מעט מלמעלה.

העבירו את שני הגלילים הארוכים דרך הדפנות הצדדיות של קופסת גפרורים, שימו עליהם ברוחב את הגליל הקצר והנה כבר התקנתם מיקרופון. חברו אותו אל סוללה ואל האוזניות, הנמצאות בחדר הסמוך (אפשר להשתמש באוזניות של רדיו-טרנזיסטור).

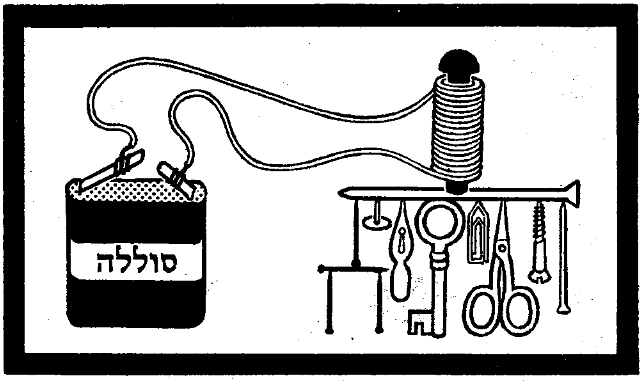
החזיקו את הקופסה במאוזן ודברו לתוכה. מבעד לאוזניות יישמעו דבריכם בבירור.

הזרם עובר בגלילי הגראפיט. כאשר מדברים לתוך הקופסה, מרטיטים את תחתיתה, ולפיכך משתנה הלחץ בין גלילי הגראפיט ותדירות הזרימה מופרעת. תנודות הזרם יוצרות תהודה מתאימה באוזניות.

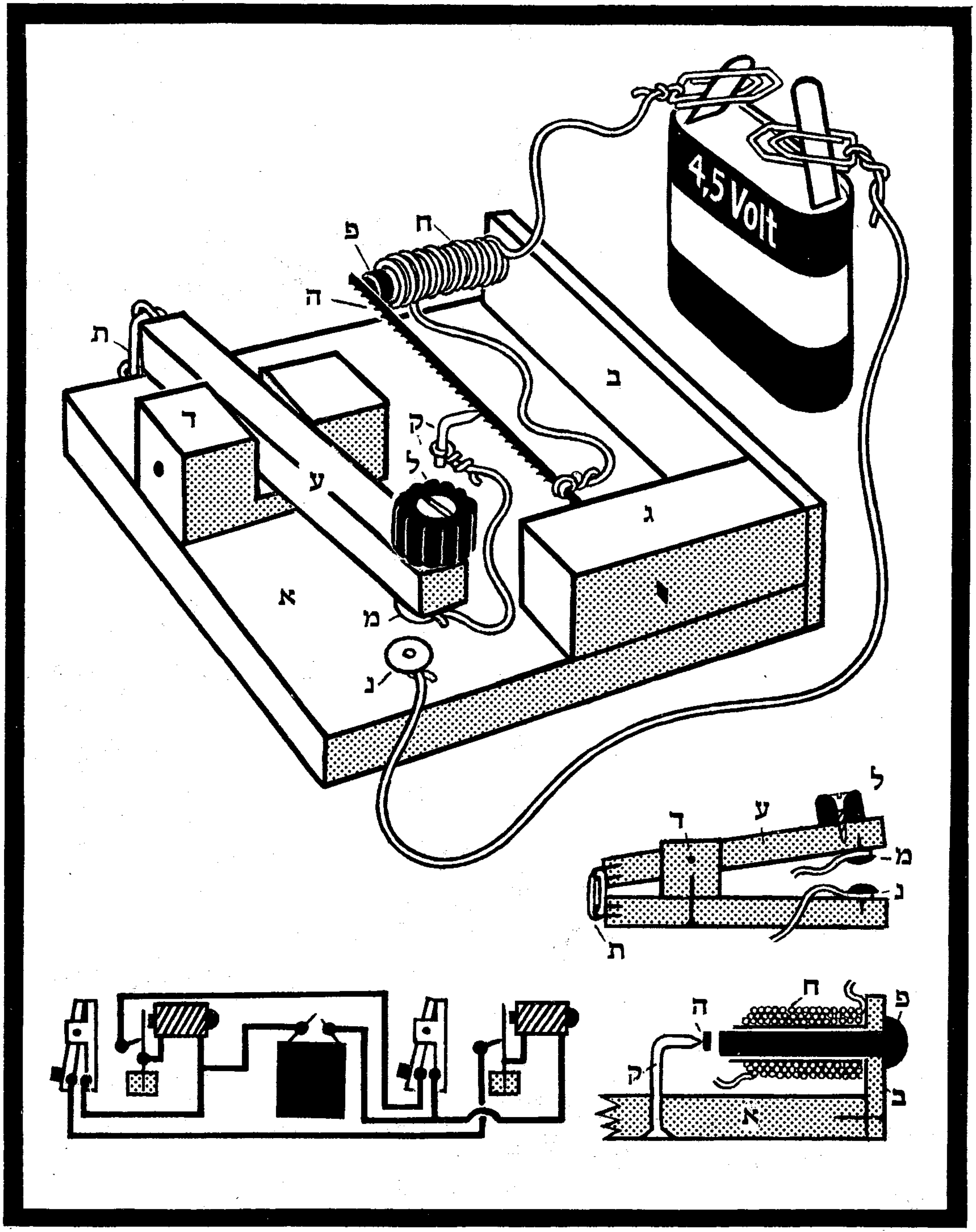
31 מעגלים מסתוריים

העבירו תיל נחושת חשוף דרך ריבוע קרטון, המונח במאוזן, וחברו את קצות התיל אל סוללה. מצאו חתיכת ברזל, שייפו בפצירה ואספו את הנסורת. זרו את נסורת הברזל על ריבוע הקרטון וטפחו בו בקלות באצבע: חלקיקי הברזל יסתדרו מעגלים מעגלים סביב התיל.
כאשר מוזרם זרם קבוע דרך תיל מתכת או מוליך אחר כלשהו, נוצר סביב המוליך שדה מגנטי. בזרם חילופים, שכיוון הזרימה שלו משתנה תכופות, הניסוי לא יצליח, מפני שיחד עם חילופי הזרם גם השדה המגנטי ישנה צורתו בקביעות.

32 אלקטרומגנט



לפפו ברזל ב-1—2 מ׳ תיל דק, מבודד. הסירו מקצות התיל את מעטה הבידוד וחברו את הקצוות אל הסוללה. עתה ימשוך אליו מטיל הברזל כל מיני גופי מתכת.
הזרם יוצר בסליל התיל שדה כוח. החלקיקים המגנטיים הזעירים שבברזל נערכים בצורה כזאת, שחל בו קיטוב לקוטב מגנטי צפוני ודרומי. כלומר, זרם החשמל, המוזרם אליו מן הסוללה, עושה אותו למגנט. אם המטיל עשוי ברזל רך, תתבטל סגולת המגנטיות אחרי הפסקת הזרם. אך אם הוא עשוי פלדה, כוחו המגנטי יוסיף לפעול.

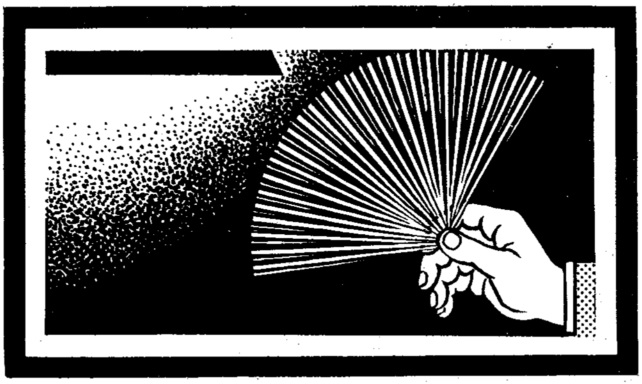

4,5 Volt
פ
ח
ה
ת
ב
ד
ק
ל
ע
ג
א
מ
נ
ל
ע
ד
מ
נ
ת
ה
ח
פ
ק
ב
א

33 מכשיר איתות חשמלי (זמזם)

חברו במסמרים אל קרש א׳ (10×10 ס״מ) את קרש ב׳ ואת הקוביות ג׳ ו-ד׳ (ד׳ — קובה בצורת ח׳). הבריגו בקרש ב׳ בורג פלדה פ׳, שאורכו 4 ס״מ. לפפו את בורג פ׳ בתיל נחושת ח׳, כדי 100 סיבובים. נקבו קובייה ג׳ ותקעו בה מסורית פלדה ה׳ בצורה כזאת, שהקצה החופשי של המסורית יימצא במרחק 2 מ״מ מבורג פ׳. את קצות-התיל המלופף חברו (בעזרת מהדק) אל סוללה מזה ואל מסורית מזה (הסירו מקצות התיל את ציפוי הבידוד). תקעו בקרש א׳ וו ארוך ק׳, שקצהו מגיע בנקודת האמצע של מסורית ה׳. שמנו את קצה הוו. כידית איתות ישמש כפיס-עץ ע׳, משוקע ב-ד׳, עם טבעות גומי ת׳ כקפיץ ועם נעצים מ׳ ו-נ׳ כמעבירי זרם. לשם נוחות אפשר לחבר אל ע׳ את כפתור ל׳. את טבעת הגומי מחברים בעזרת מסמרי-פרסה. עתה חברו את כל החלקים האלה בתיל מוליך.

אם תלחצו על ל׳ ייסגר מעגל הזרם. הזרם ימגנט את בורג פ׳ (אלקטרו-מגנט), וזה ימשוך אליו את מסורית ה׳, בשל כך ינותק המגע בין ה׳ ל-ק׳ ועמו ינותק מעגל הזרם. מניתוק זה מאבד פ׳ את סגולת המגנטיות. ה׳ קופצת לאחור ואז מעגל הזרם נסגר מחדש. תהליך זה חוזר ונשנה במהירות כה רבה, שהמסורית מרטטת ותנועת הריטוט יוצרת קול זמזום חזק למדי.

34 מניפת-אור

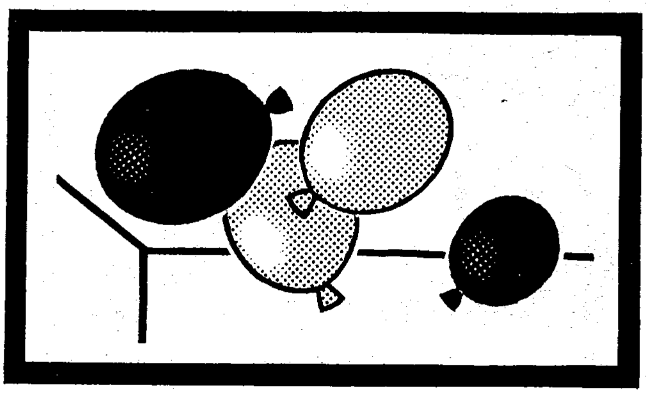


אם תחזיקו מקלון שצבעו בהיר בין אגודל לאצבע ותנפנפו אותו הנה והנה תראו לפניכם, כמצופה, משטח בהיר מטושטש. לא כן הדבר אם תעשו כן לאור ניאון. אז יידמה לכם כאילו יש ביד מניפה מצלעות בהירות וכהות לסירוגין.

המקלון המתנפנף מואר באור הניאון ומואפל בזה אחר זה, בחליפות מהירות. למראית עין הוא נע בקפיצות, בקו של חצי עיגול. בהתאם לחוק-ההתמדה (של הפיסיקאי האנגלי ניוטון) אין העין מספיקה לקלוט את הפסקי האור. נורות ניאון מכילות גז, והוא נדלק וכבה באמצעות זרם חילופים חמישים פעמים בכל שנייה. לא כן נורת החשמל הרגילה, שתיל המתכת שלה מוסיף ללהוט גם במשך הפסקות הזרם הקצרות.

ניסויים בחשמל סטאטי

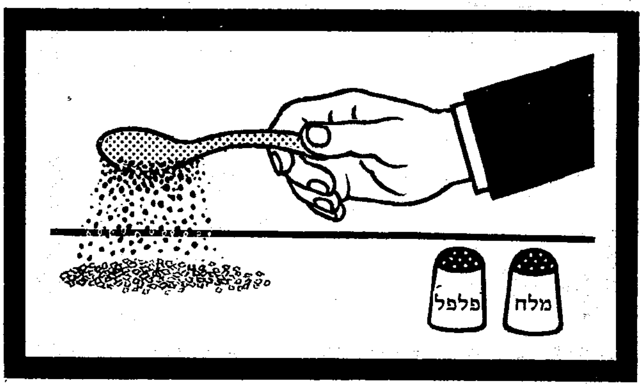
35 בלונים דבוקים



נפחו כמה בלונים, קשרו את הפתח ושפשפו אותם זמן מה באפודת צמר. אם תצמידו אותם אל תקרת החדר, הבלונים יישארו דבוקים בה שעות רבות.

על ידי פעולת החיכוך מחשמלים את הבלונים. כלומר, טוענים אותם חשמל. הבלונים קולטים מצמר האפודה חלקיקים זעירורים של חשמל שלילי, הקרויים אלקטרונים. היות וגופים טעוני חשמל מושכים גופים בלתי טעונים, נצמדים הבלונים אל התקרה, עד שמעט מעט המטענים מגיעים לידי השתוות וכוחם פג. תהליך זה נמשך בחדר — באוויר יבש — מספר שעות. איטיותו של התהליך נובעת מן העובדה, שהתקרה היא מוליך-זרם גרוע, לכן האלקטרונים מתפזרים בה באיטיות רבה.

36 פלפל ומלח



זורים על השולחן מלח בישול גס ומערבבים בו מעט פלפל טחון. כיצד אפשר לשוב ולהפריד את שני התבלינים? משפשפים כפית-פלאסטיק במטלית-צמר ומחזיקים אותה מעל התערובת. הפלפל יתרומם אל הכפית וייצמד אליה.

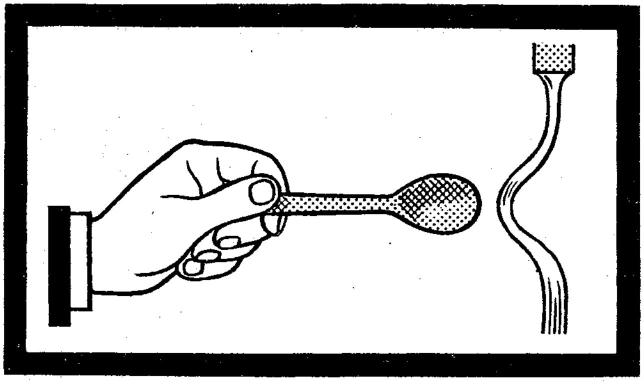
על ידי השפשוף בצמר, הכפית נטענת זרם ומושכת אליה את התערובת. אך אם מחזיקים את הכפית לא נמוך מדי, הפלפל, בהיותו קל מן המלח, יתרומם ראשון אל הכפית. כדי ללכוד גם את גרגרי המלח, יש להחזיק את הכפית נמוך יותר.

37 זהירות נחש!

גזרו מנייר משי בגודל 10×10 ס״מ פס סלילי דמוי נחש, שימו את הנחש על מכסה-הפח וכופפו את ראשו כלפי מעלה. שפשפו בחזקה עט נובע עשוי פלאסטיק או מסרק במטלית צמר והחזיקו אותו מעל ראש הנחש. הנחש יתרומם וישרבב ראשו לעבר העט — ממש כאילו היה חי.

במקרה זה העט קלט אלקטרונים מן הצמר. על כן הוא מושך אליו את הנייר הבלתי טעון. כל אימת שנחש הנייר נוגע בעט, הוא קולט ממנו חלק ממטען החשמל, אך מוסר אותו מיד הלאה, אל מכסה המתכת, שהוא מוליך טוב. הנייר שוב בלתי טעון ועל כן הוא נמשך מחדש אל העט, עד שזה מאבד את כל מטענו.

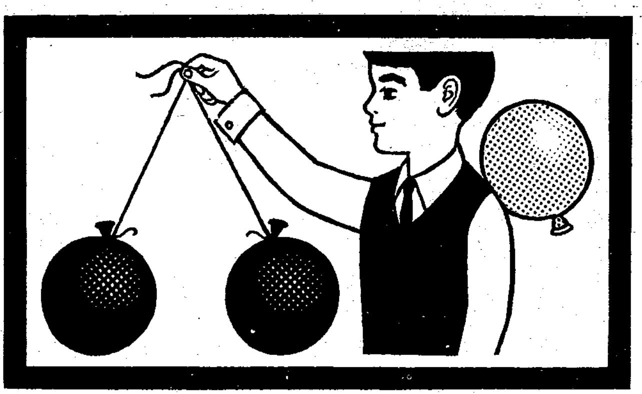
38 קשת מים



שפשפו כפית פלאסטיק במטלית צמר. פתחו מעט את ברז המים וקרבו את הכפית אל הסילון הדק: סילון המים יתעקל למעין קשת ויימשך אל הכפית.

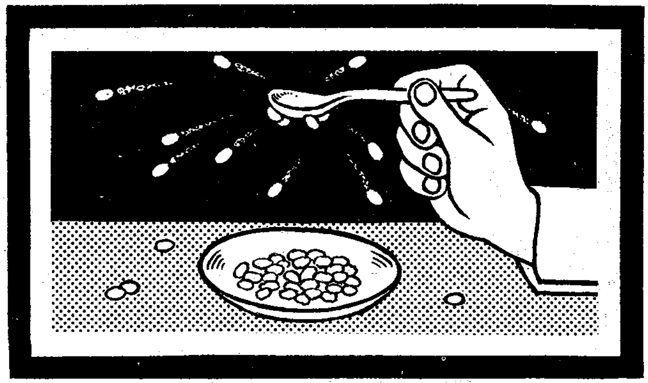
הכפית הטעונה חשמל מושכת אליה את חלקיקי המים הבלתי טעונים. אך ברגע שייווצר מגע בין הכפית למים — הקסם יימוג כלא היה: המים, בהיותם מוליכי חשמל טובים, קולטים בן רגע את כל מטען החשמל שבכפית, והכפית, המרוקנת ממטענה, מאבדת את כוח המשיכה שלה. גם חלקיקי המים הזעירים, המרחפים באוויר, קולטים חשמל. על כן, ניסויים בחשמל סטאטי עשויים להצליח במיוחד בימים, שלחות האוויר נמוכה, או בתוך חדר מוסק הסקה מרכזית.

39 "ברוגז" בין בלונים



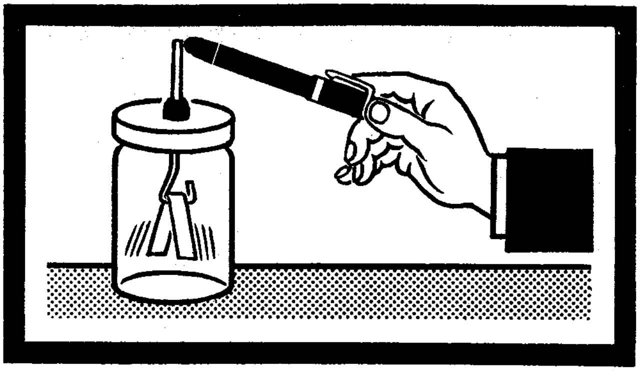
נפחו היטב שני בלונים וקשרו אותם אל חוטים. שפשפו את שניהם באפודת הצמר והחזיקו אותם ביד אחת בחוטיהם: אם ציפיתם שיימשכו זה אל זה תופתעו לראות, כי נהפוך הוא: הם ירחפו באוויר במרחק ניכר זה מזה.
עקב החיכוך באפודת הצמר נטענו שני הבלונים מטען שלילי. היות ומטענים שווי-סימן דוחים זה את זה, אך טבעי הוא, ששני הבלונים יתרחקו זה מזה.
לעומת זאת עשוי בלון כזה להיצמד אל אפודתכם. הא-כיצד? עקב פעולת השפשוף עברו האלקטרונים, כלומר המטען השלילי, מן האפודה אל הבלון. עתה האפודה היא שטעונה מטען חיובי (באזור השפשוף). מאחר שמטענים שוני-סימן נמשכים זה אל זה — הבלון ייצמד אל האפודה.

40 האורז המשתולל



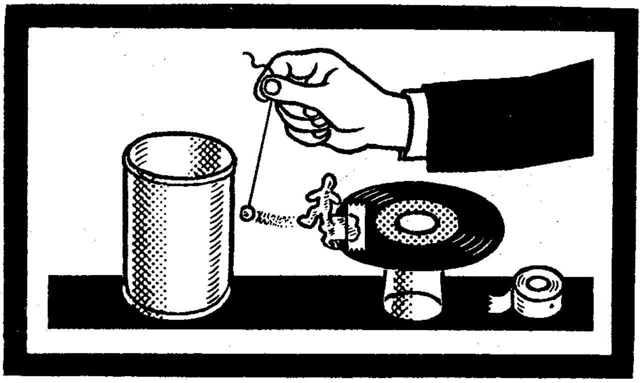
שפשפו כף-פלאסטיק גדולה או מסרק גדול במטלית צמר והחזיקו אותה במאונך מעל צלחת עם "פיצפוצי אורז". הזרעונים יזנקו למעלה וייצמדו אל הכף. אך לפתע יינתקו מן הכף, יותזו לכל עבר ויתעופפו באוויר כמטורפים.
הזרעונים נמשכים אל הכף הטעונה חשמל ונצמדים אליה לזמן-מה. בינתיים עובר חלק מן האלקטרונים מן הכף אל האורז, עד שהזרעונים והכף טעונים מטען שווה — וכיוון שמטענים חשמליים שווים דוחים זה את זה, נוצר החיזיון המפליא שלפנינו.

41 אלקטרוסקופ פשוט



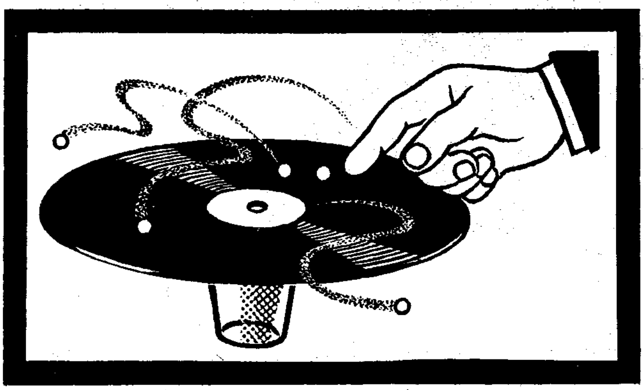
נקבו את המכסה של צנצנת, השחילו בנקב תיל נחושת, כשהקצה התחתון של התיל מכופף למעין וו. קחו פיסת נייר כסף, הסירו ממנה את שכבת הנייר הרגיל, קפלו לפס צר ותלו אותו על הוו. בעזרת חומר חותם בדדו את התיל מן המכסה וסגרו את הצנצנת. הכינו עט נובע או מסרק טעון חשמל על-ידי שיפשוף בצמר. אם תקרבו אותו אל תיל הנחושת יתרחקו קצות נייר הכסף זה מזה.
במגע בין התיל לגוף הטעון חשמל, זורמים חלקיקי החשמל דרך התיל אל קצותיו של פס הכסף. שני הקצוות טעונים מטען שווה ועל כן הם דוחים זה את זה. המרחק בין הקצוות מותנה בעוצמת המטען.

42 כדורגל חשמלי



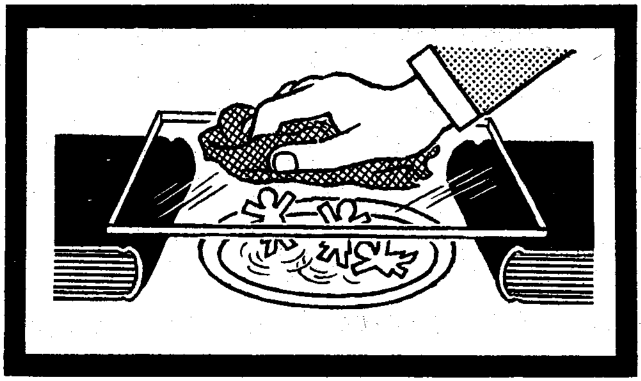
עצבו מנייר-כסף דמות של כדורגלן, הדביקו אותה אל שולי תקליט, ששופשף במטלית צמר, ושימו את התקליט על כוס יבשה. במרחק כ-5 ס״מ מן הכדורגלן הציבו קופסת פח. אם תחזיקו באמצע כדור קטן מנייר כסף תלוי על חוט הוא ייזרק וייטלטל פעמים אחדות הלוך וחזור, כאילו נבעט ברגלי הכדורגלן.
מטען החשמל של התקליט זורם אל נייר הכסף, שהכדורגלן עשוי ממנו, ומושך אליו את הכדור שאינו טעון זרם חשמלי. במגע עם דמות-הכסף גם הכדור נטען מטען שווה-סימן, ולכן הוא נדחה מיד ונהדף אל הקופסה. כאן הוא מאבד את מטענו, העובר אל קופסת הפח, ועל כן הוא שב אל הכדורגלן וחוזר חלילה. תהליך זה חוזר ונשנה זמן מה, עד שפג כוחו של מטען החשמל.

43 פרעושים חשמליים

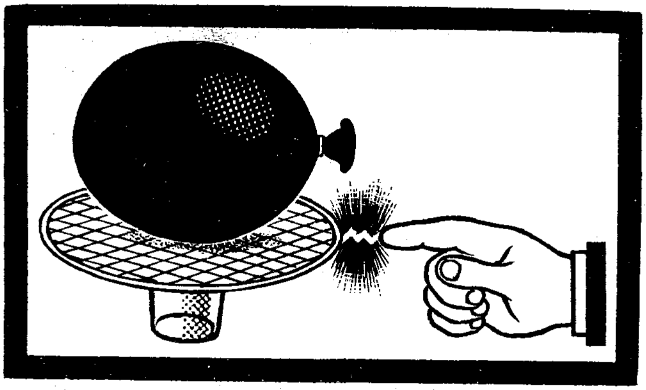


שפשפו תקליט ארוך-נגן במטלית-צמר והניחו אותו על כוס. הכינו כדורים קטנים מנייר כסף. אם תטילו אותם על התקליט, הכדורים יקפצו בתנועות זיגזג לכל הכיוונים. אם תזיזו באצבע כדור אחד אל רעהו — רק יגעו זה בזה וכבר יזנקו לכיוונים נגדיים.
החשמל שהתקליט נטען בו באמצעות השיפשוף, נחלק לשדות חשמליים בלתי שווים. הכדורים קולטים חלק ממטענו של אותו השדה, שהם נוגעים בו ובהיותם טעונים מטען שווה-סימן הם נדחים ונהדפים, אך חוזרים ונמשכים מיד אל שדה אחר של התקליט, בעל מטען שונה-סימן. כאשר מפגישים שני כדורים שווי-מטען, אף הם ידחו זה את זה.

44 בובות-נייר מרקדות



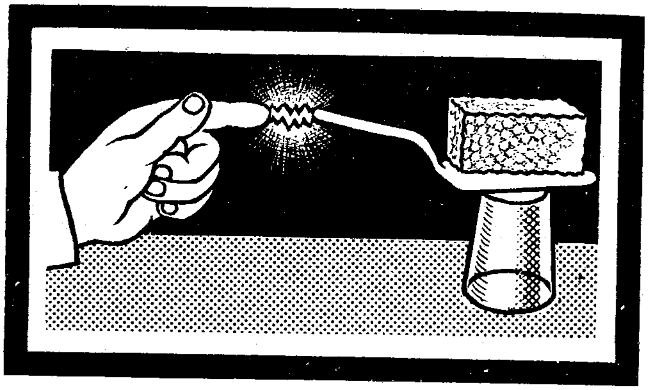
שימו שני ספרים במרחק מה זה מזה והניחו מעליהם לוח זכוכית. גזרו מנייר משי בובות בגודל 3 ס"מ ושימו אותן על מגש מתכת מתחת לזכוכית. אם תעבירו מטלית צמר בתנועות שפשוף על גבי הזכוכית, בובות הנייר שתחתיה יתחילו לרקוד בעליצות: הן מזדקפות ומסתובבות במעגל, שוב צונחות על המגש ושוב חוזרות וקמות על רגליהן.
עם השפשוף נטענה הזכוכית מטען חשמלי והיא מושכת אליה את בובות הנייר, שאף הן נטענות. אך המטענים הם שווי סימן ודוחים זה את זה, לפיכך הבובות נדחפות כלפי מטה ומשתטחות על המגש. שם הן מאבדות את מטענן, והוא זורם אל מגש המתכת ואז, בהיותן שוב בלתי מחושמלות, הן נמשכות אל הזכוכית.



45 מתח גבוה

שימו את תחתיתה של תבנית אפייה על כוס יבשה. נפחו בלון, שפשפו אותו היטב במטלית-צמר ושימו אותו על התחתית. אם תקרבו אצבע אל שולי התחתית יבזיק לעבר האצבע ניצוץ דמוי ברק.

כאשר מקרבים אצבע אל המתכת הטעונה השמל, מפעילים תהליך של השתוות המתח החשמלי. אף על פי שהברק מתפרק ממתח של כמה אלפי וולט, אין הוא מסוכן יותר מן הניצוץ העשוי להיווצר, שעה שמסתרקים. מדען אמריקני חקר ומצא, שהיה צורך ללטף את פרוותו של חתול 9,200,000,000 פעמים, כדי שכמות החשמל שתופק בדרך זו תספיק לתאורה בנורה של 75 וואט במשך דקה אחת.



46 פגיעת ברק

הניחו על כוס יבשה יעה לאיסוף פירורי שולחן (או כל כלי דומה אחר — העיקר שיהיה עשוי כולו מתכת), ושימו עליו חתיכת ספוג פלאסטי נוקשה, מן הסוג המשמש, למשל, לייצור לוחות בידוד (סטירופור), לאחר ששופשף היטב באפודת צמר. אם תקרבו אצבע אל ידית היעה, גם הפעם, כמו בניסוי הקודם, יבזיק ברק לעבר האצבע. אך אל דאגה: גם במקרה זה אין מסתכנים במכת חשמל!

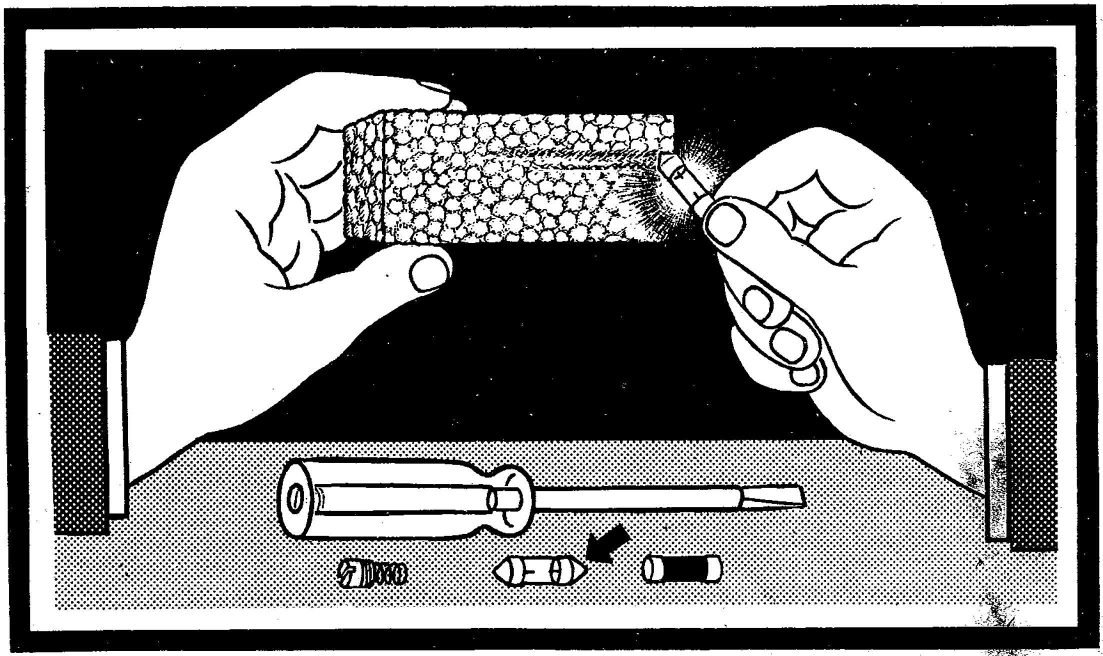
כאשר מניחים את חתיכת הספוג הפלאסטי הטעון שלילית. על היעה, נדחים חלקיקי החשמל השליליים שבכלי המתכת עד לקצה הידית ובנקודה זו מתבצעת השתוות המתח החשמלי. הבזקת הברק היא סימן להתפרקות המתח. חומרים פלאסטיים ניתנים לחישמול בנקל, ועל ידי חיכוך אפשר לטעון אותם מתח חשמלי גבוה יחסית.

47 מאור חשמלי

בבתים רבים מצוי מבחן-זרם, לרוב בצורת מברג שבניצבו מוכנסת נורה זעירה שקצותיה עשויים מַתכת ואפשר בנקל לפרקה מן הניצב. אחזו באחד מקצות המתכת של המנורה זו, ושפשפו את הקצה האחר בחתיכת פלאסטיק קצפי נוקשה ("קל-קל"). תוך כדי תנועות השפשוף, תיל הנורה מתחיל להתלהט קמעה. אם תעשו ניסוי זה בחושך, תוכלו להבחין בכך בבהירות יתרה.

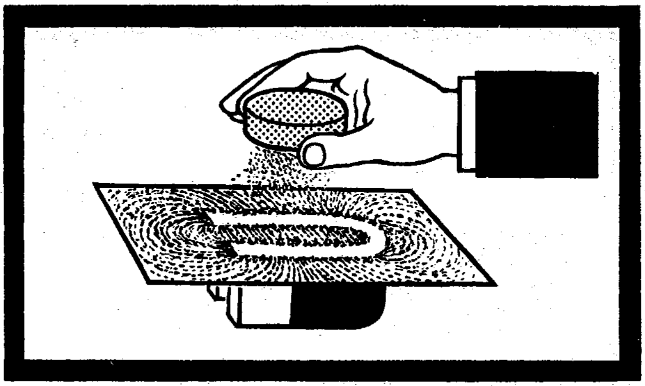
מאחר שהחומר הפלאסטי רך יחסית, השפשוף בנורה גורם לו חיכוך הדדי של שכבותיו השונות והוא נטען מטען חשמלי ניכר. האלקטרונים (חלקיקי החשמל השלילי) מתרכזים בשכבתו החיצונית וזורמים דרך הנורה הזעירה אל גופכם. זרם זה, די בו כדי להביא את תיל הנורה לידי התלהטות, אף שזו, כמובן, קלושה במקצת.

כבר חוקרי הטבע של יוון העתיקה גילו את סגולתו של הענבר למשוך אליו גופים אחרים, אם שפשפוהו תחילה. הם כינו אותו שרף מאובן, שקוף למחצה, אלקטרון. מכאן בשפות רבות שמו הלועזי של כוח הטבע, הקרוי חשמל, שמאז ימי יוון העתיקה שינה את פני עולמנו שינוי כה יסודי



ניסויים בכוח מגנטי

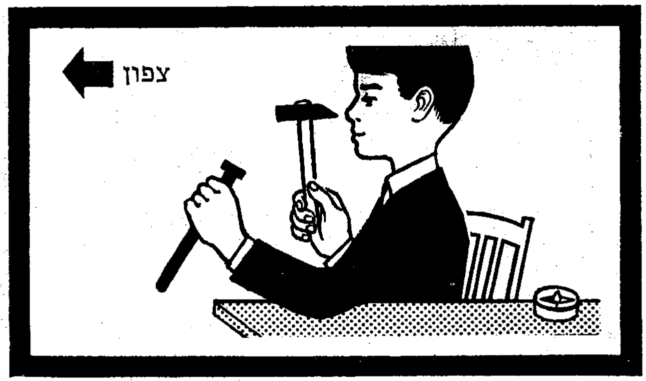
48 קווי-כוח מגנטיים



שימו על מגנט טבלה חלקה וישרה של קרטון דק או דף נייר לציור. (דרך אגב, אתם כבר יודעים, איך מתקינים מגנט, הלא כן?) — וזרו על המשטח נסורת של ברזל, מן הסוג הנוצר בשעת השחזה, למשל. אם תקישו קלות בדף הקרטון, תופיע עליו תמונה דמויית-ציור של קווים קשתיים.

שבבי הנסורת הזעירים מסתדרים לקווים קשתיים, המראים את כיוון פעולתו של הכוח המגנטי. אם ברצונכם לשמור תמונות אלו, קחו נר, המיסו אותו, טבלו את הטבלה בסטיארין המומס, וחכו עד שייקרש היטב. פזרו על הטבלה את נסורת הברזל. אחרי שיופיעו הקווים המגנטיים, קחו מגהץ חם והחזיקו אותו מעל הטבלה — והנה תמונת הקווים מיוצבת ותוכלו לשומרה למזכרת.

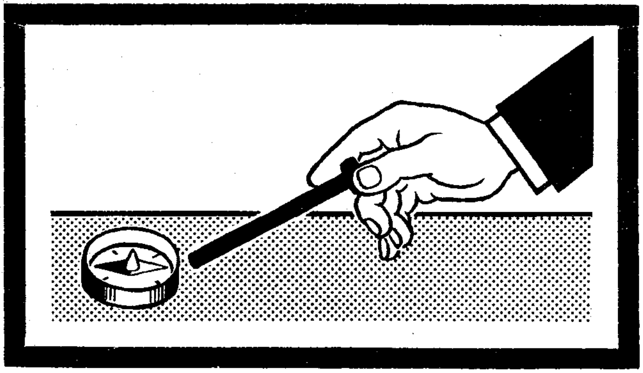
49 הכוח המגנטי של כדור הארץ



החזיקו מטיל ברזל רך בכיוון צפון, בקוו נטוי כלפי הרצפה והקישו בו פעמים אחדות בפטיש. על ידי נקישות אלו ייעשה המטיל מגנטי במקצת.

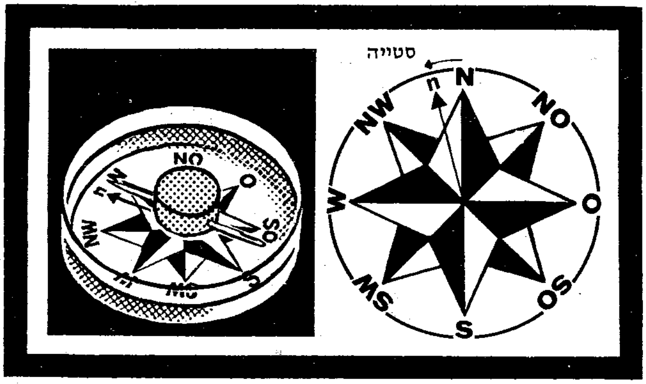
כדור הארץ מוקף שדה של קווים מגנטיים. זווית הנטיה של קווים אלה כלפי האדמה שונה בכל מקום ומקום בעולם: עקב הזעזוע שגורמות הנקישות, החלקיקים המגנטיים שבברזל, פונים בהשפעת הקווים המגנטיים של כדור הארץ לכיוון צפון. זו גם הסיבה לכך, שלעתים תגלו, כי באורח מסתורי, כביכול, כלי עבודה מסויים נעשה פתאום מגנטי. אם תחזיקו את המטיל הממוגנט בכיוון מזרח-מערב ותקישו בו — כוחו המגנטי יתבטל.

50 כיצד מגלים כוח-מגנטי?



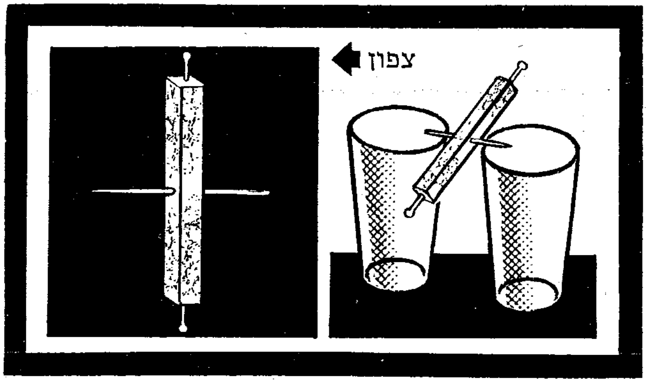
בעצמים רבים שעשויים ברזל או פלדה, אצור כוח מגנטי, בלי שנדע כלל, כי אמנם כן הוא. בעזרת מצפן תוכלו לבדוק כל עצם כזה ולהיווכח, אם יש בו מגנטיות, אם לאו.
מוט חדור מגנטיות, יש בו — בדיוק כמו במחט המצפן — שני קטבים, קוטב צפוני וקוטב דרומי. היות ושני קטבים שוני-סימן מושכים זה את זה ושני קטבים שווי-סימן דוחים זה את זה, נמשך אחד מקוטבי המחט אל המוט בעוד האחר נדחה. במילים אחרות: אם תקרבו אל מצפן גוף, שיש בו כוח מגנטי, מחט המצפן תימשך אליו, כך שתנוע ממקומה ותפנה לעברו. אם תקרבו אל המצפן גוף בלתי מגנטי, המחט תישאר במקומה ולא תגלה שום תגובה.

51 עשה לך מצפן



קחו מחט-תפירה ושפשפו אותה במגנט, עד שהיא עצמה תיעשה מגנטית. נעצו את המחט ברוחב בטבלת שעם (פקק), והקפידו ששני קצותיה יזדקרו משני הצדדים באורך שווה. קחו מכסה פלאסטיק שקוף, הכניסו בו מעט מים ושימו בו את השעם. השעם יסתובב, עד שהמחט תעמוד בכיוון צפון-דרום. הדביקו בצד החיצון של תחתית המכסה שושנת-רוחות (ראו תמונה).
המחט המגנטית תצביע בכיוון צפון, לעבר הקוטב המגנטי של כדור הארץ. היות והקוטב המגנטי אמנם נמצא בקרבת הקוטב הצפוני הגיאוגרפי, שכדור הארץ נע סביבו, אך לא בדיוק באותו מקום, אין מחט המצפן מכוונת בדיוק מוחלט כלפי הקוטב הצפוני, כלומר, היא סוטה במקצת מכיוון צפון.

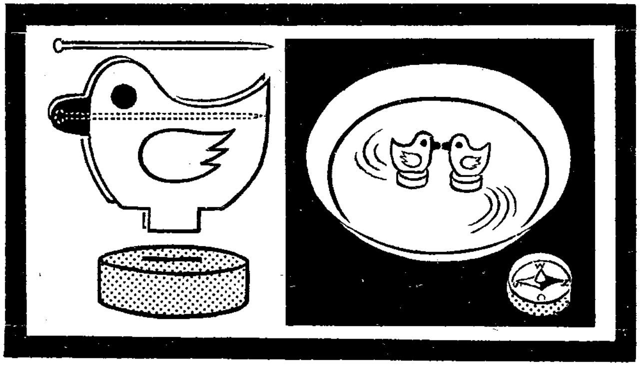
52 נטייה אל הקוטב



קחו שתי סיכות פלדה ומגנטו אותן על ידי שפשוף, כמו את המחט בניסוי הקודם, עד שחודי הסיכות יימשכו זה אל זה בחוזקה. הכינו חתיכה מאורכת של פלסטיק ספוגי נוקשה (קל-קל) בעובי של עיפרון, ונעצו בשני קצותיה את שתי הסיכות. שימו אותה בעזרת מחט, שתשמש מעין ציר (ראו תמונה), בין שתי כוסות, והביאו אותה באמצעות הזזת הסיכות ומריטת פרורי פלאסטיק למצב של שיווי משקל. גם מצפן זה יסתובב לכיוון צפון-דרום ויתייצב כשהוא נטוי כלפי צפון.

המצפן מתייצב בזווית נטייה (אינקלינציה), במקביל לקווי הכוח המגנטיים, המקיפים את כדור הארץ מקוטב עד קוטב. זווית זו משתנה ממקום למקום. אילו נמצא המצפן באחד הקטבים המגנטיים של כדור הארץ, הוא היה ניצב בזווית ישרה, כלומר במאונך.

53 ברווזים מגנטיים

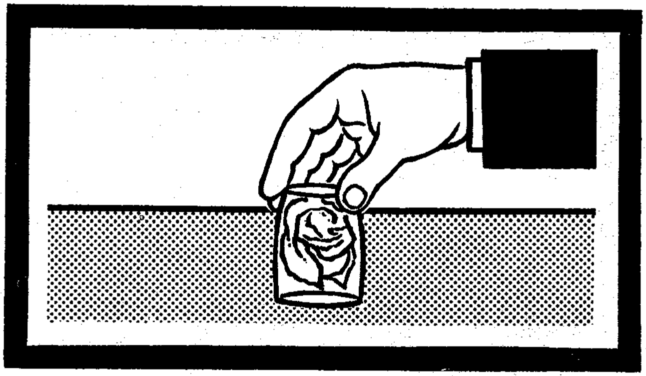


גזרו מנייר (או מקרטון דק) 2 זוגות ברווזים תאומים, הדביקו אותם שניים שניים, כך שיתקבלו שני ברווזים כפולים. נעצו בכל אחד מהם סיכת פלדה ממוגנטת (ראו תמונה), הציבו אותם על טבליות שעם (פקק) ושימו בצלחת עם מים. הברווזים ישוטו במים ויתקרבו זה אל זה בתנועות קשתיות עד שייעצרו בכיוון צפון-דרום, כשמקוריהם או קצות זנבותיהם נוגעים זה בזה.

הברווזים מתקרבים זה אל זה לאורך קווי הכוח המגנטיים. הם נעים במים בזכות כוחות מגנטיים שונים: המשיכה ההדדית של הקטבים המגנטיים שוני-הסימן; השפעתם הדוחה של הקטבים המגנטיים שווי-הסימן; והמגנטיות של כדור הארץ. נעצו את סיכות המגנט בגוף הברווזים, שהקטבים שבמקוריהם יהיו שוני-סימן ויימשכו זה אל זה.

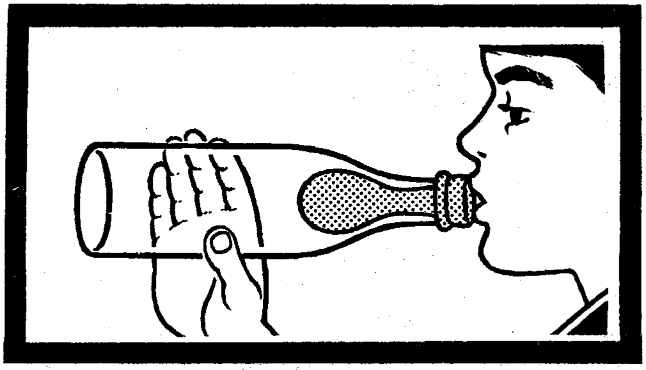
לחץ אוויר וזרימתו

54 הממחטה שאינה נרטבת במים



אתם יכולים לטבול ממחטה במים, בלא שתירטב: שימו אותה בכוס, הדקו היטב וטבלו את הכוס במים, כשפתח הכוס כלפי מטה. אף על פי שאין רואים את האוויר, הוא נמצא בכל מקום, והחלקיקים הזעירים, שהוא מורכב מהם, ממלאים כל חלל ריק. גם בכוס הטבולה במים במהופך, סגורה איפוא בצד הממחטה, כמות מסויימת של אוויר. אוויר זה מונע את חדירת המים לתוך הכוס והממחטה תישאר יבשה. רק אם טובלים את הכוס עמוק יותר, רואים, שבכל זאת חודרת לכוס כמות קטנה של מים. הסיבה לכך היא, שככל שהעומק רב יותר, כן גובר לחץ המים על האוויר. בלחץ המוגבר, האוויר נדחס במקצת לתוך הכוס פנימה ואל המקום המתפנה, חודרים מים. על פי אותו עיקרון פועלים פעמוני צלילה ומיתקני אמודאות אחרים לביצוע עבודות שונות מתחת לפני המים.

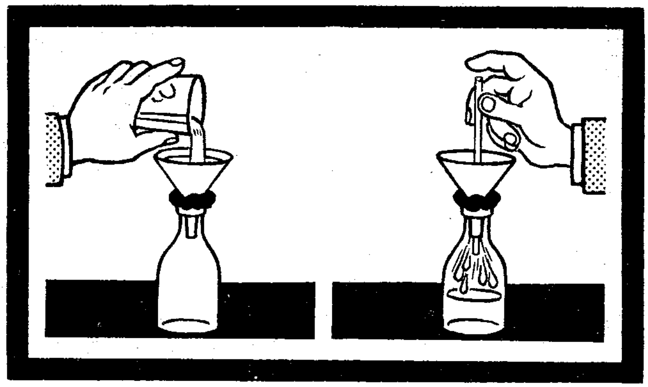
55 בלון בבקבוק



האם בטוח, שתצליחו לנפח בנקל בלון רגיל? תתפלאו לשמוע, שלא תמיד ובכל מקרה הדבר אפשרי. נסו, למשל, לנפח בלון, כשהוא נמצא בתוך בקבוק: הכניסו אותו לתוך הבקבוק, הפשילו את קצה הפייה על שולי פתח הבקבוק ונשפו בחוזקה. ככל שתתאמצו הבלון רק יתמתח במקצת, אך לא יותר מזה.

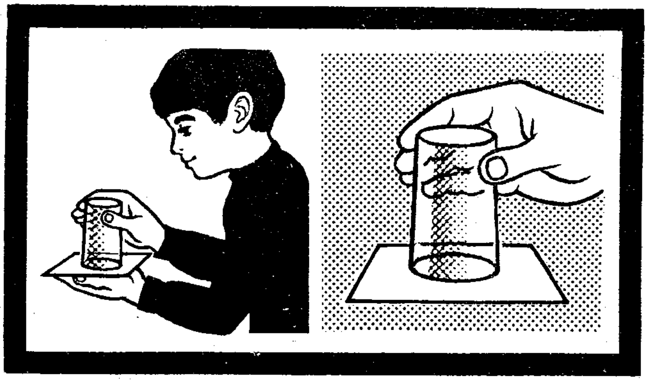
מדוע אין הבלון מתנפח, למרות כל הנשיפות? לא, אין זה סימן שאינכם מסוגלים לנפח בלון. אם תנסו לנפח אותו הבלון מחוץ לבקבוק, תראו, שאכן תצליחו בכך. הסיבה לתופעה זו היא, האוויר שבבקבוק. אוויר זה מקיף את הבלון, וככל שגובר לחץ נשיפת-האוויר בתוך הבלון, כן גובר גם הלחץ הנגדי של האוויר, שבתוך הבקבוק, על הבלון. הלחץ הנגדי גדול עד כדי כך, ששרירי הנשימה שבבית החזה, אין בכוחם להתגבר עליו.

56 הבקבוק והמשפך



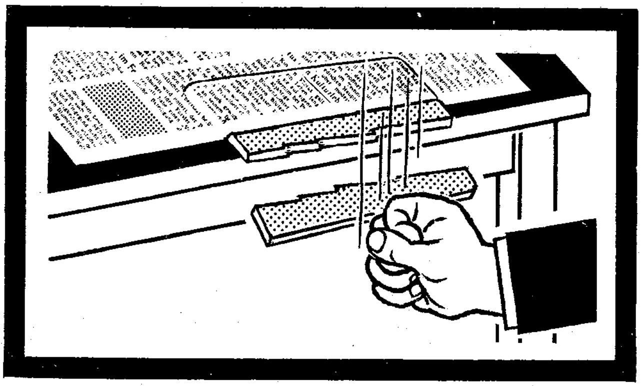
שימו משפך רגיל, לא רחב במיוחד בפתחו של בקבוק ואטמו בפלסטלינה או במחק-בצק את פי הבקבוק מפני חדירת אוויר. אם תשפכו מים לתוך המשפך תראו, שהמים אינם יורדים לתוך הבקבוק. לחצו של האוויר הסגור בבקבוק הוא שמונע את זרימת המים לתוכו. עתה קחו קנה קש, סתמו באצבע אחד מקצותיו, נעצו את הקצה השני דרך המשפך, הרימו את האצבע, והנה — המים ישתפכו מיד לתוך הבקבוק. מדוע? עם הרמת האצבע נפתח פתח יציאה לאוויר הסגור בבקבוק, וכך מתפנה בבקבוק מקום למים שבמשפך.

57 מים מרחפים



מלאו כוס מים עד שפתה והניחו עליה גלויית דואר. החזיקו ביד אחת את הגלוייה, הפכו את הכוס והחזיקו אותה ישר, כך שפתחה כלפי מטה. אם תרחיקו את היד מן הגלוייה, תופתעו לראות: הגלוייה נשארת צמודה אל פי הכוס והמים אינם נשפכים.
כשגובה הכוס הוא, למשל, 8 סנטימטרים, מוטל על כל סנטימטר מרובע (סמ"ר) משטח הגלוייה עומס מים שמשקלו 8 גרמים (משקלו של סמ"ק אחד מים הוא גראם אחד). לעומת זאת לחץ האוויר על הגלוייה מלמטה הוא 1000 גרמים על כל סנטימטר מרובע. הלחץ הנגדי של האוויר מלמטה חזק איפוא בהרבה מלחץ משקלם של המים, ולכן נדחפת הגלוייה אל פי הכוס בחוזקה ובאופן כה מהודק, ששולי הכוס אטומים לגמרי מפני חדירת אוויר לתוכה — ולכן גם המים אינם יכולים להישפך ממנה החוצה.

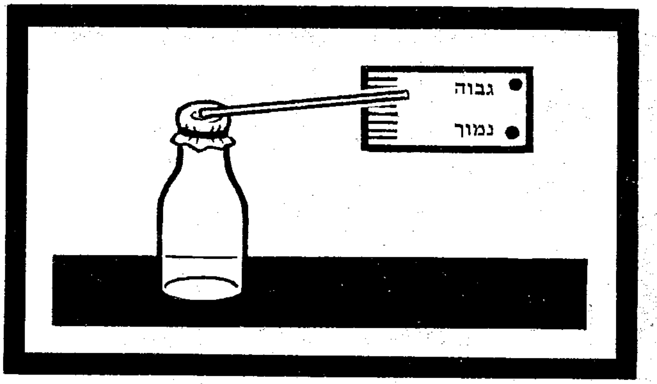
58 כוחו של לחץ-האוויר על נייר



שימו מכסה של קופסת-סיגרים על קצה שולחן חלק, כך שחלק מן המכסה יעבור את שפת-השולחן. פרסו גליון נייר עיתון (הקפידו שיהיה שלם) על המכסה והצמידו אותו היטב אליו סביב, סביב. הנחיתו מכת אגרוף חזקה, מהירה ומדוייקת על חלק המכסה העובר את שפת-השולחן. הוא יישבר בלי שהנייר יתרומם.

בסדק הצר שנוצר בין המכסה, העיתון ולוח-השולחן האוויר לא הספיק לחדור במהירות שבה הונחתה המכה. על כן נוצר כאן לחץ תחתון ויחד עם לחץ-האוויר הרגיל מלמעלה המכסה מוחזק במקומו כמו במלקחיים.

59 בקבוק כברומטר

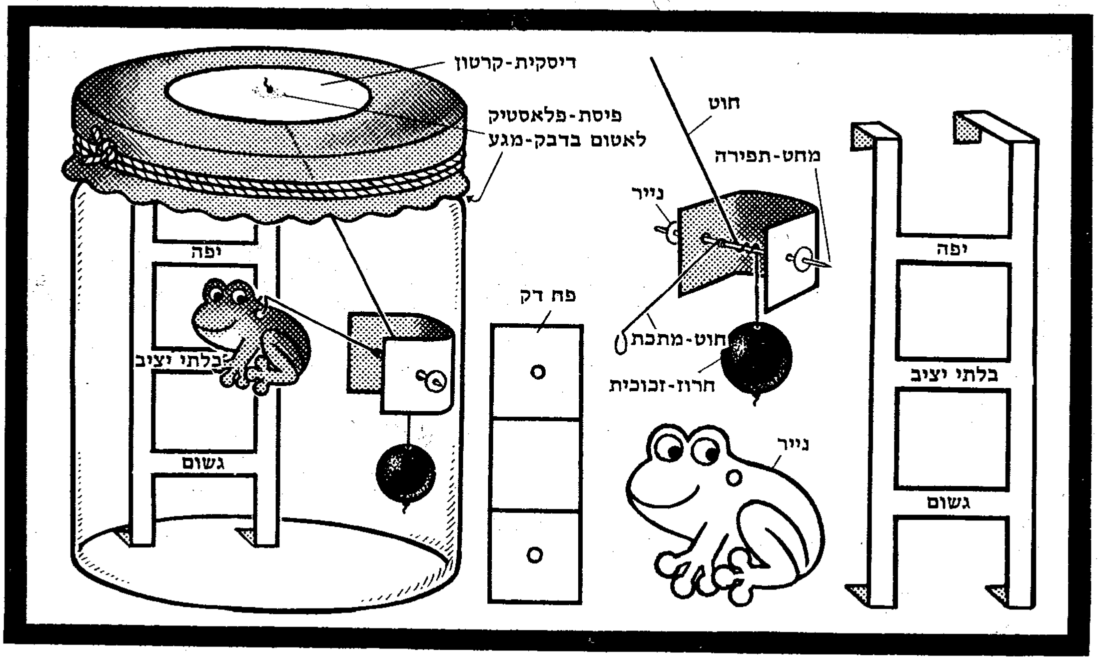


מתחו על בקבוק-חלב ריק (או בקבוק דומה לו) פיסת-גומי מבלון, והדביקו עליה קנה-פלאסטיק. לחץ האוויר משתנה מדי יום לפי מזג-האוויר ובהתאם לכך ינוע קצה הקנה מעלה או מטה.

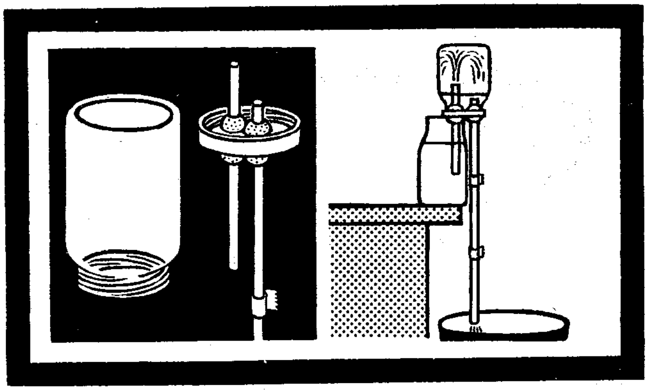
במזג-אוויר נאה גובר לחץ-האוויר וקרום-הגומי הדק נלחץ פנימה; בעקבותיו נמשך קצה מחוג הקנה כלפי מעלה. כשיורד לחץ-האוויר, פוחת, כמובן, הלחץ על קרום-הגומי והמחוג יורד. אם שמים על הקיר, מול קצה הקנה, אמת-מידה, אפשר למדוד את הלחץ כמו בברומטר קנוי.

60 חזאי צפרדע

צפרדע-נייר עולה ויורדת בסולם וחוזה את מזג האוויר.
מכופפים בצורת U רצועת פח באורך 6 ס"מ. מנקבים בה שני נקבים שיאפשרו תנועה סיבובית קלה למחט המועברת דרכם. תחילה מלהטים את המחט כדי לחספס אותה קמעה. מחברים אל המחט, באמצעות חוט-מתכת דקיק, צפרדע-נייר צבוע ירוק. מדביקים את הפחית באמצע הדופן של צנצנת-שימורים בגובה 10 ס"מ. כורכים סביב המחט חוט, שבקצהו משקולת קטנה (חרוז-זכוכית, למשל). מדביקים דיסקית-קרטון על פיסת-פלאסטיק דק ומעבירים דרך אמצע הדיסקית את קצהו השני של החוט. מתחו את פיסת-הפלאסטיק על פתח הצנצנת וסגרו סגירה אוטמת (הרמטית). מתחו את קצה החוט שבחוץ, קשרו קשר ואטמו את החור שסביבו מפני חדירת אוויר לצנצנת.
בלחץ-אוויר גבוה יותר (מזג אוויר יפה) נלחץ קרום-הפלסטיק פנימה והצפרדע מטפסת ועולה בסולם. בלחץ-אוויר נמוך (מזג אוויר לא יפה) פוחת הלחץ על קרום-הפלסטיק והצפרדע יורדת בסולם.



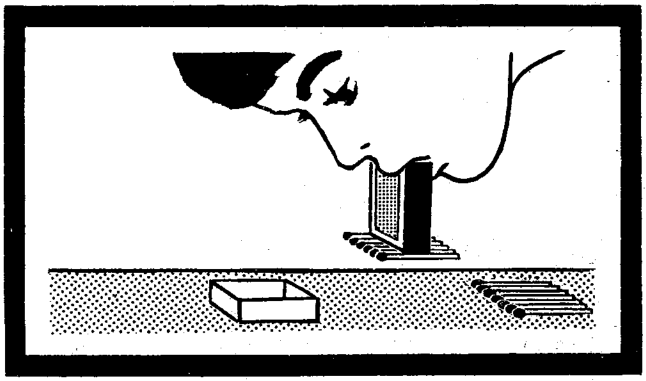
61 מיזרקה



נקבו במכסה של צנצנת זכוכית שני חורים. בחור האחד השחילו קנה פלאסטיק בעומק 5 ס"מ. חברו בעזרת נייר דבק שלושה קני פלאסטיק נוספים לצינורית ארוכה ותקעו אותה בחור השני שבמכסה. אטמו היטב את החריצים סביב קני הפלאסטיק במחק-בצק מחומם או בפלסטלינה. הכניסו מעט מים לצנצנת, הבריגו עליה את המכסה, הפכו אותה והציבו אותה במהופך על פי בקבוק מלא מים, שהקנה הקצר יותר יהיה שקוע בתוך מי הבקבוק. סילון דק של מי הבקבוק יעלה דרך צינורית הפלאסטיק אל הצנצנת ושם ישתפך בצורת מיזרקה, ואילו המים, שבתוך הבקבוק, יירדו לאיטם. המיזרקה תוסיף לפעול כל עוד הצינורית טובלת במי הבקבוק.

הצינורית הארוכה משמשת פתח מוצא למים שבצנצנת ההפוכה והם דולפים דרכה החוצה. ככל שפוחתת כמות המים שבצנצנת, כן פוחת בה גם לחץ האוויר, כלומר, בתוך הצנצנת נוצר חלל ריק. אל חלל ריק זה מנסה לחדור דרך הבקבוק אוויר מן החוץ ובדרכו הוא דוחף את המים שבבקבוק דרך הצינורית אל הצנצנת. בלחץ האוויר נזרקים המים כלפי מעלה בתנופה והנה — מיזרקה.

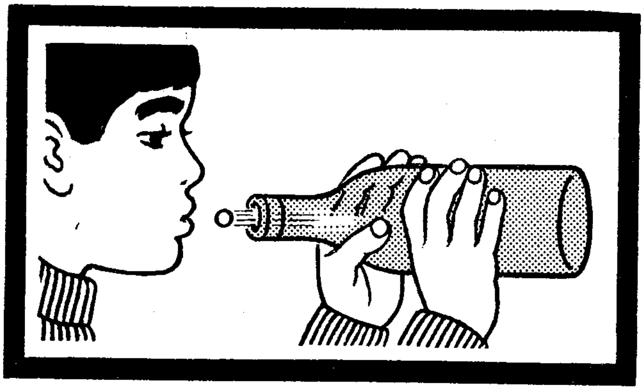
62 מעלית לגפרורים



התוכל להרים שורת גפרורים בלי להיעזר בידיים ובלי לנגוע בהם כלל? לא? נסו ותיווכחו, שהדבר פשוט למדי. שימו על שולחן שורת גפרורים, קחו את החלק החיצוני של קופסת הגפרורים, שימו אותו בין השפתיים. הרכינו את הראש מעל שורת הגפרורים, כך שפתח הקופסה נוגע בהם. שואפים אוויר מלוא הריאות ומזדקפים — והנה הגפרורים יתרוממו, צמודים אל הקופסה, כאילו היו מודבקים אליה.

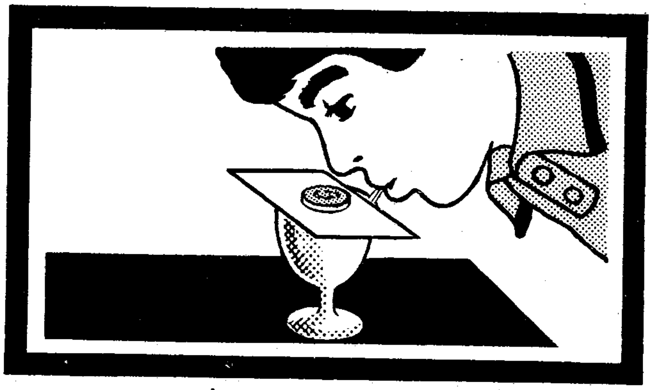
על ידי שאיפת אוויר אל הריאות נוצר בתוך הקופסה חלל של אוויר דליל יותר. לחצו של האוויר הרגיל, המבקש לחדור מלמטה אל החלל הזה מצמיד את הגפרורים אל פתח הקופסה.

63 זהירות, בומראנג!



החזיקו בקבוק ריק בתנוחה מאוזנת ושימו בקצה פתח הבקבוק כדור נייר קטן. עתה נושפים בחוזקה בכדור הנייר, כדי להעיף אותו לתוך בטן הבקבוק פנימה. אך ככל שנושפים, אין מצליחים בכך. להיפך, במקום לתוך הבקבוק, יועף הכדור החוצה, הישר אל פרצופך!
הנשיפה לתוך הבקבוק מעלה את לחץ-האוויר בתוכו וגוררת ירידת לחץ-האוויר לפני צוואר-הבקבוק. במצב זה פועל תהליך של ויסות הלחץ, כלומר, עודף האוויר שבתוך הבקבוק זורם אל חלל האוויר המדולל שלפני פתח הבקבוק, ומעיף את כדור הנייר החוצה בתנופה, כאילו נורה מרובה-אוויר.

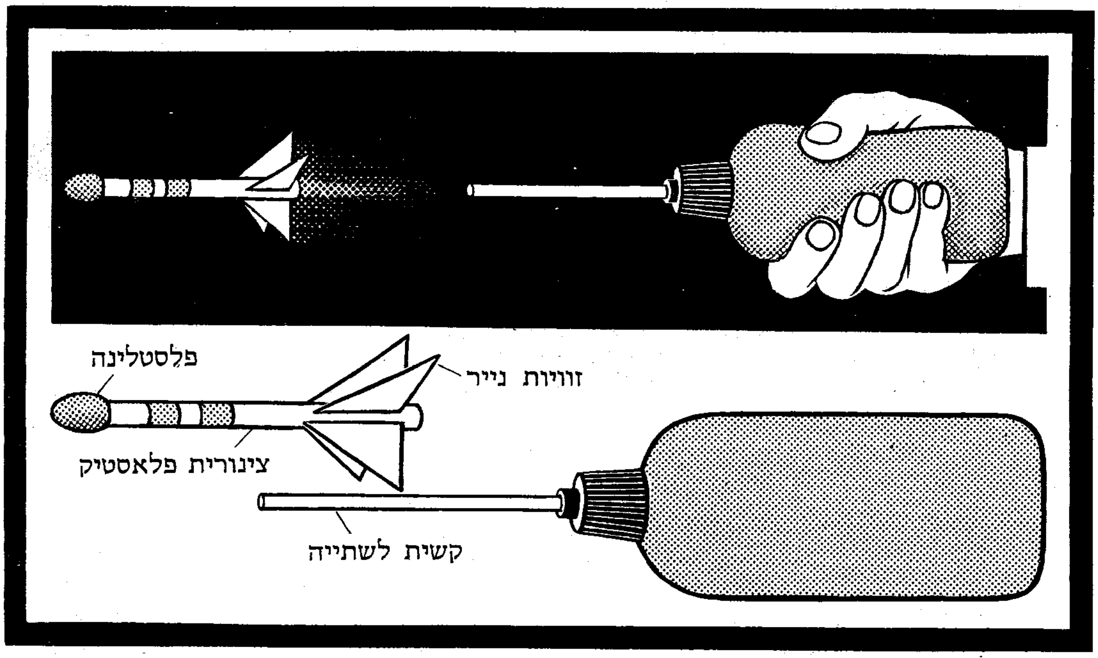
64 סודו של המטבע



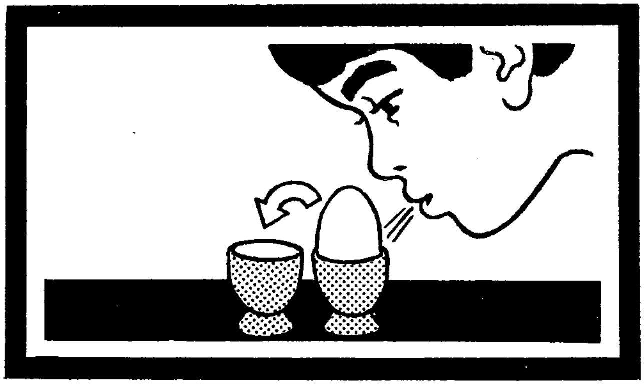
קחו קלף של משחק קלפים כלשהו, הניחו אותו על כוס בלתי שבירה, והקפידו להשאיר פתח בצד פי הכוס. שימו על הקלף מטבע של לירה ונסו, בנשיפה אחת, להכניס את המטבע לתוך הכוס. מי שסודו של הלהטוט אינו ידוע לו, בוודאי ינסה לנשוף במטבע בחזקה מאחור, מצדה המכוסה של הכוס בכיוון הפתח, בתקווה, להדוף אותו קדימה, כדי שיפול לתוך הכלי. אולם לשווא! המטבע כבד מדי ולא יזוז ממקומו.
כדי שהניסוי יצליח, יש לגשת אל הכלי דווקא מן הצד שכנגד ולנשוף דווקא מלפנים נשיפה קצרה אחת לתוך פתח הכוס. מאחר שהכוס מכוסה ברובה, האוויר שנושפים לתוכה נלכד בה ונדחס. לפיכך נוצר לחץ מוגבר מלמטה על הקלף, הקלף מתרומם קמעה והמטבע גולש קדימה, לתוך הכוס.

65 בנה לך רקטה!

נקבו את הסגר של בקבוק-פלאסטיק, עד שגודל הנקב יתאים להכנסת צינורית פלאסטיק דקה (קשית לשתייה). אטמו את הסדקים מסביב בדבק-מגע והנה לפניכם כן-שילוח.
את קליע הרקטה מתקינים מצינורית פלאסטיק באורך כ-10 ס״מ וברוחב, שיאפשר לה להחליק בקלות על הצינורית של כן השילוח. שימו בקצה הקדמי מעט פלסטלינה ובקצה האחורי הדביקו זוויות נייר צבעוניות. עתה הרקטה מצויידת בחרטום ובזנב ותוכלו לגשת לשילוחה. הלבישו את הקליע על הצינורית של כן-השילוח, עד שזו תיתקל בפלסטלינה ותינעץ בה קלות (לא עמוק מדי!) ואחזו בבקבוק הפלאסטיק בשתי הידיים.
אם תלחצו בחוזקה תעוף הרקטה למרחק עד 10 מ׳.
הלחיצה על בקבוק הפלאסטיק דוחסת את האוויר שבתוכו. כאשר הלחץ חזק דיו, מתנתק גוש הפלסטלינה מן הצינורית הפנימית, האוויר הדחוס, ששוב נמצא לו מוצא, חוזר ומתפשט, ותוך שהוא מתפרץ החוצה, הוא דוחף את הקליע ומטיל אותו למרחק.
הפלסטלינה ממלאה ברקטה זו אותו תפקיד, שממלא מנגנון ההדק ברובה האוויר.



66 הביצה היודעת לעשות היפוך

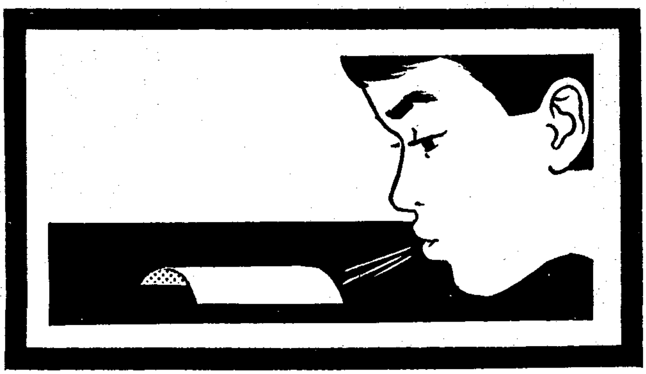


שימו שני גביעי ביצים זה מאחורי זה והכניסו לתוך הגביע הקדמי ביצה בלתי מבושלת. נשפו בחוזקה מלמעלה על שפת הגביע, שבתוכו הביצה. לפתע הביצה תתרומם קמעה ותתהפך לתוך הגביע הריק.
היות וקליפת הביצה מחוספסת במקצת, אין היא יכולה להיצמד אל הדופן החלק של הגביע באופן הרמטי, כלומר, בין דופן הגביע לבין קליפת הביצה נשאר רווח כלשהו. מרווח זה מאפשר לסילון האוויר, שמזרימים בנשיפה אל שולי הגביע, לחדור אל החלל שמתחת לביצה. בתחתית הגביע נוצרת איפוא שכבה של אוויר דחוס, שלחצה הולך וגובר, עד שהוא גדול במידה כזאת, שבכוחו להדוף את הביצה.

67 זרימת אוויר מוזרה

כאשר מזג האוויר סוער ואתם עומדים ברחוב מאחורי עמוד מודעות עגול, תיווכחו לדעת, שאין העמוד מגן עליכם מפני הרוח. אם תנסו להדליק גפרור, הרוח תכבה אותו מיד. ניסוי קטן בבית יוכיח, כי אכן כך הדבר: נשפו בחוזקה בבקבוק, שמאחוריו דולק נר, ותראו, שהנר יכבה.
כאשר זרם-האוויר היוצא מן הפה נתקל בבקבוק, הוא מתפלג לשתי זרועות, העושות דרכן כשהן צמודות אל הדופן המעוגלת של הבקבוק מזה ומזה, כך ששני זרמי-האוויר שוב נפגשים מאחורי הבקבוק, וכאשר הם מתאחדים מחדש נוצרות מערבולות-אוויר, המכבות את להבת הנר. בדרך זו אפשר לכבות גם נר העומד מאחורי שני בקבוקים — בתנאי שהריאות חזקות.

68 ברנולי צדק!

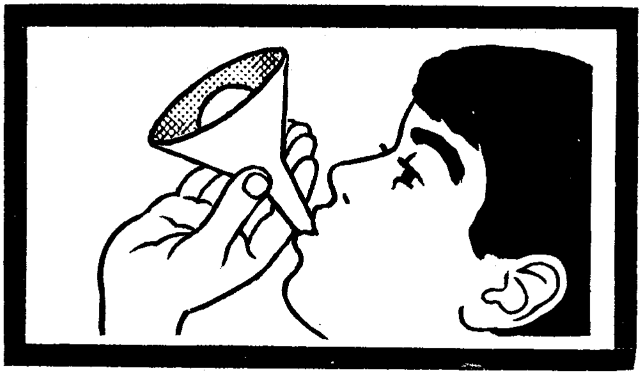


מגלגלים גלויית דואר לאורכה, עד שתהיה מעוגלת כמו קשת ושמים אותה על השולחן. נראה, שתוכלו בנקל להפוך אותה, אם רק תנשפו בה בחוזקה מלמטה. נסו ותיווכחו שטעיתם! ככל שתתאמצו, ככל שתנשפו בפתח הקשת, הגלוייה לא תתרומם כהוא זה. נהפוך הוא, היא רק תיצמד ביתר שאת אל לוח השולחן.
דניאל ברנולי, מדען שווייצי, מן המאה ה-18, חקר וגילה, כי לגז (כלומר לכל חומר שאינו מוצק ואינו נוזל, כמו למשל האוויר, החמצן ועוד) תכונה מיוחדת: ככל שמהירותו גוברת, כן פוחת לחצו של הגז. זרם האוויר שמזרימים בנשיפה אל מתחת לגלוייה יוצר שם איפוא מצב של תת-לחץ, כלומר של לחץ חלש מלחץ-האוויר הרגיל. היות והלחץ הרגיל מלמעלה חזק יותר מן הלחץ מלמטה, הוא מצמיד את הגלויה אל לוח השולחן.

69 המטבע העקשן

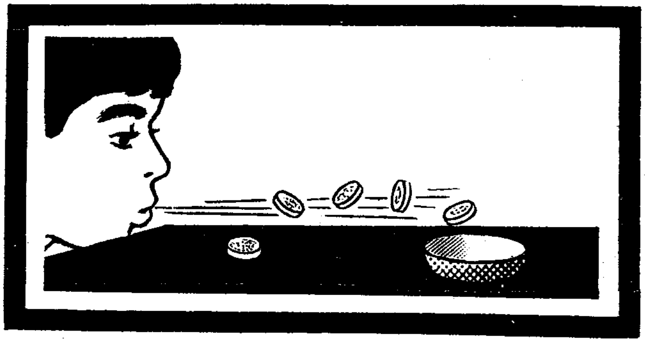
נעצו שלוש סיכות בלוח עץ ושימו על ראשי הסיכות מטבע של עשר אגורות. אפשר להתערב עם החברים, שאיש מהם לא יצליח, להעיף בנשיפה את המטבע מכנו.
זרם-האוויר אינו יכול להיאחז בשוליים הצרים, החלקים של מטבע המתכת. האוויר חולף איפוא במהירות מתחת למטבע, ושם הוא מפחית את לחץ האוויר. במצב זה של תת לחץ מלמטה, לחץ האוויר מלמעלה מצמיד את המטבע אל כן הסיכות ביתר שאת.
אולם מי שסוד הניסוי הזה ידוע לו, יוכל להראות לחבריו, מה יש לעשות כדי שיצליחו: אם משעינים את הסנטר על השולחן, קרוב ככל האפשר אל המטבע ונושפים, כשהשפה התחתונה משוכה קדימה, יפגע זרם האוויר הישר בצדו התחתון של המטבע ויעיף אותו מכנו.

70 הכדור הכלוא



שימו כדור פינג-פונג לתוך משפך, החזיקו את המשפך כשפתחו הרחב מופנה באלכסון כלפי מעלה ונשפו במלוא הכוח. קשה להאמין, אבל עובדה היא — איש לא יצליח, להעיף את הכדור מתוך המשפך.
נוטים אנו להניח, שבנושפנו בפי המשפך, זרם האוויר חודר לתוך המשפך בקו ישר, בדומה לסילון מים, נתקל בכדור במלוא עוצמתו והודף אותו החוצה. אך למעשה לא כן הדבר: בהגיעו לקצה הפנימי של הפייה, זרם האוויר מתפלג ומסתנן לפנים המשפך בקו-המגע שבין הדופן לבין הכדור, מסביב. בהתאם לחוק ברנולי פוחת שם לחץ האוויר, כך שלמעשה משיגים בנשיפה תוצאה הפוכה מזו שמבקשים להשיג: במקום שלחץ האוויר בתוך המשפך יגבר עד כדי כך, שיעיף את הכדור החוצה, הוא פוחת, עד היותו חלש מלחץ האוויר הרגיל מן החוץ, הפועל בכיוון ההפוך ודוחף את הכדור לתוך המשפך.

71 האגורה המעופפת

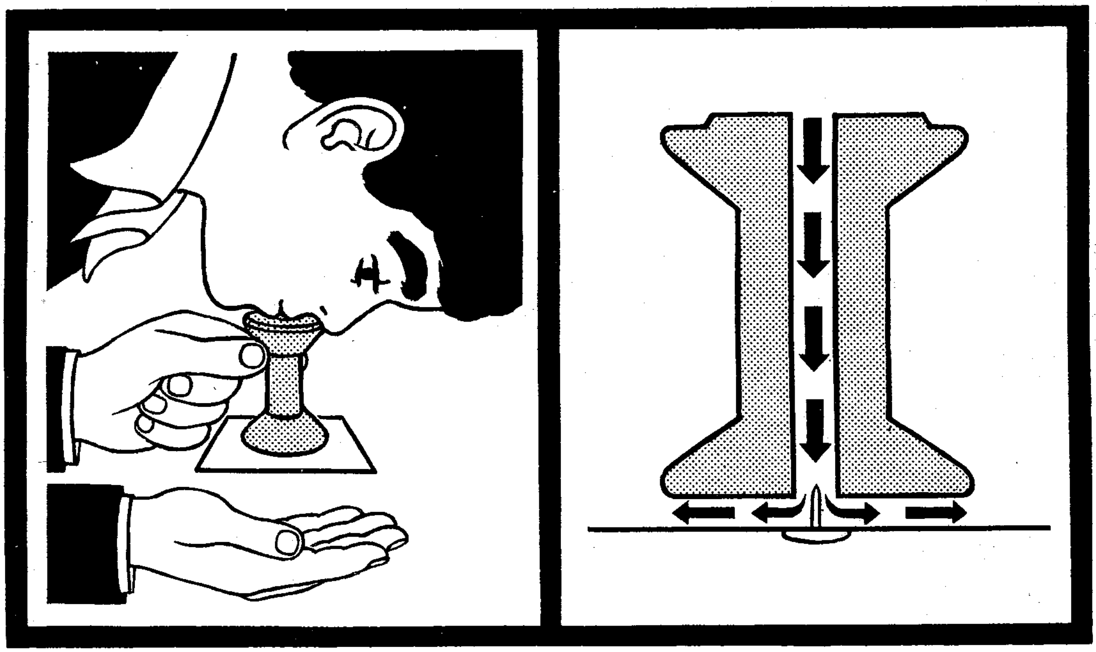


שמים מטבע של אגורה במרחק כ-10 ס״מ מקצה השולחן ומציבים במרחק 20 ס״מ ממנו צלוחית שטוחה. התצליחו, בנשיפה, להעיף את המטבע לתוך הצלוחית?
אם נושפים במטבע מלפנים, כלומר מקצה השולחן בכיוון הצלוחית — חבל על המאמץ! המטבע לא יזוז ממקומו. רק אם נושפים במאוזן, כלומר, במקביל ללוח השולחן נשיפה חדה וחזקה בגובה כ-5 ס״מ מעל המטבע, זרימת האוויר תפחית את לחץ האוויר מעל המטבע, לעומת לחצו הרגיל של האוויר שמסביב. כך מתהווה תחום של תת-לחץ, שהאוויר, בלחץ הרגיל, זורם אליו מכל הצדדים כדי למלא את החסר. מערבולת האוויר הנוצרת עקב כך דוחפת את המטבע כלפי מעלה, הוא מתנתק מלוח השולחן, נקלע לתוך זרם האוויר ונסחף עמו אל הצלוחית.

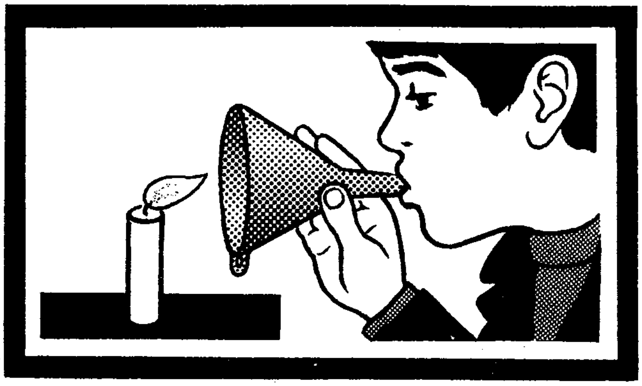
72 גלויית-הדואר המרחפת

בניסויים פיסיקליים לא מעטים מתגלות תופעות כה מוזרות ומפתיעות, עד כי נדמה שלפנינו להטוטי קסמים. אך לא כן הוא — לכל התופעות האלה יש הסבר הגיוני וחוקיות קבועה — חוקיותו של הטבע: הנה, למשל, קחו חצי גלויית דואר, מצאו את נקודת האמצע ונעצו בה נעץ. החזיקו את מחצית הגלוייה על כף היד מתחת לסליל של חוטי תפירה, באופן שחודו של הנעץ יזדקר לתוך פתח הסליל ונשפו בחוזקה, מלמעלה, לתוך פתחו העליון של הסליל: אם תרחיקו את היד מריבוע הנייר, בד בבד עם פעולת הנשיפה, ייתכן לצפות, שאמנם יפול ארצה. אך למעשה, יישאר מרחף באוויר מתחת לסליל.

גם לתופעה מפתיעה זו סיבה הגיונית, המוסברת על ידי חוק-ברנולי: בצאתו בפתח התחתון של הסליל זרם האוויר מתפלג ועובר במהירות גדולה במרווח שבין הסליל לגלוייה מזה ומזה. בשל מהירותו הוא יוצר שם תת-לחץ, לעומת לחץ האוויר הרגיל, הפועל מלמטה. לחץ זה, בהיותו חזק מן הלחץ הפועל מלמעלה, מונע איפוא את נפילת הגלוייה. בצורה דומה מסתייעת הטכניקה בתופעה זו בהמראת מטוסים: זרימת האוויר מעל צדן העליון, המקומר, של כנפי המטוס מהירה מזו שמתחת לצדן התחתון הישר. לפיכך פוחת לחץ האוויר מעל כנפי המטוס.



73 הנר והמשפך



מדליקים נר, מחזיקים משפך במרחק מה ממנו ונושפים בחוזקה בפי המשפך. לא זו בלבד שלא תצליחו לכבות את הלהבה, אלא אף תבחינו, להפתעתכם, שהיא כמו נמשכת לעבר פתח המשפך.

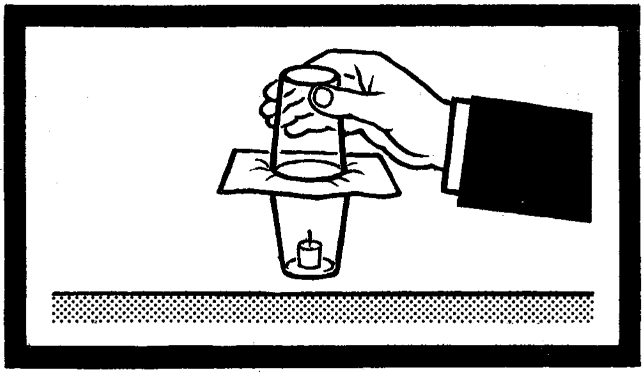
כאשר נושפים במשפך, גורמים להפחתת לחץ האוויר בתוכו, כלומר, יוצרים בו תחום של תת-לחץ. על כן האוויר מן החוץ זורם אל המשפך, למלא את החסר, ולכן הוא מטה את להבת הנר באותו הכיוון. אם, לעומת זאת, הופכים את המשפך ונושפים בפתחו הרחב, זרם האוויר, בהגיעו אל הפייה הצרה, יידחס בה, ולכן לחצו יוגבר, עד שבצאתו החוצה יכבה את הלהבה מיד.

74 פיצוץ בתוך בקבוק

הכינו ריבוע גזור מבלון, זרקו פיסת נייר בוער לתוך בקבוק-חלב ריק, קחו את ריבוע הגומי ומתחו אותו היטב על פתח הבקבוק. כעבור רגע הגומי יזדקר לתוך צוואר הבקבוק, ואילו האש תכבה.

בשעת הבערה נפלט תחילה חלק מן האוויר, המתפשט עקב חימומו. אחרי כיבוי הלהבה מצטננים הגזים שבבקבוק ונדחסים על ידי הלחץ החיצוני. לפיכך הגומי מתמתח עד שהשתוותו הסופית של לחץ האוויר תתאפשר רק, אם מנקרים את שלפוחית הבלון. בעשותנו כן, יישמע רעש חזק, כאילו בקע קול נפץ מן הבקבוק.

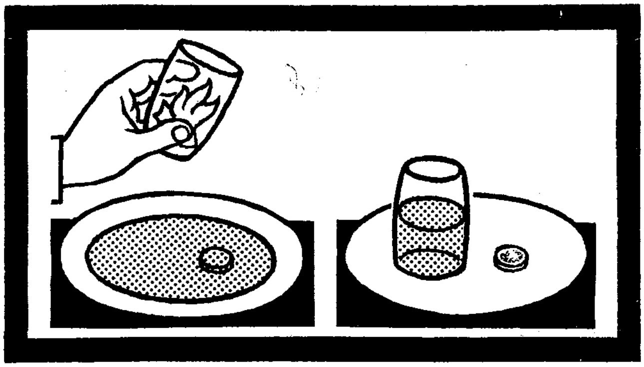
75 הכוס הכפולה



הכינו שתי כוסות ריקות, זהות בדיוק בגודלן, שארית של נר ודף נייר-סופג. הדליקו בתוך אחת הכוסות את בדל הנר, הרטיבו את הנייר הסופג והניחו אותו על הכוס, קחו את הכוס השנייה, ושימו אותה במהופך על הראשונה. כעבור שניות אחדות הנר יכבה והכוסות יהיו כמו דבוקות זו בזו.

כדי לבעור זקוקה האש לחמצן. היא צורכת את החמצן שבאוויר ואחרי שנאכל כל החמצן, האש נכבית. כך גם במקרה שלפנינו, ומאחר שהנייר הסופג חדיר לאוויר, נאכל גם החמצן שבכוס העליונה. עקב כך נוצר בתוך שתי הכוסות תת-לחץ, לעומת לחץ האוויר מסביב, ובהיות הלחץ מן החוץ חזק יותר מן הלחץ הנגדי מבפנים, הוא מצמיד את הכוחות זו אל זו בחוזקה.

76 כיצד להוציא מטבע מן המים בלי להירטב?



בתוך צלחת מלאה מים מונח מטבע. כיצד אפשר להוציא את המטבע מתוך הצלחת בלי לטבול את האצבעות? הדבר פשוט משנדמה: הכניסו פינת נייר בוער לתוך כוס, והעמידו את הכוס במהופך בתוך הצלחת, לצד המטבע. המים יעלו לתוך הכוס, שעה שסביבה פני המים בצלחת יירדו, עד שהמטבע ייחשף כליל ותוכלו לאחוז בו בלי להירטב.

בתהליך השריפה מתחברים, בין השאר, הפחמן הכלול בנייר עם החמצן שבאוויר ויחד הם נהפכים לדו-תחמוצת-הפחמן (CO_2). שריפת הנייר גרמה גם התחממות הגזים שבכוס. לכן הם מתפשטים. אך לאחר שהאש כבתה, מידת החום שוב יורדת והם חוזרים ומתכווצים. תהליך זה גורם היווצרות תת-לחץ בכוס. האוויר זורם אל הכוס מכל הצדדים, בבקשו לווסת את הלחץ, ותוך כך זרמי אוויר אלה דוחפים את המים פנימה.

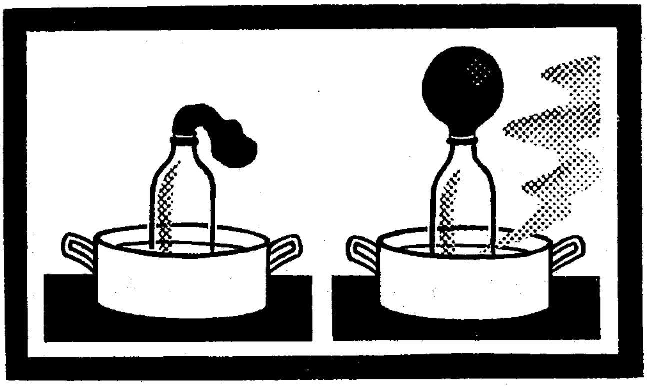
ניסויים בחום

77 הבקבוק המכושף

שימו בקבוק ריק במקרר לזמן מה. כאשר הזכוכית תהיה קרה כראוי, הרטיבו את שולי פתח הבקבוק וכסו את הפתח במטבע. אחזו בבקבוק בשתי הידיים. החזיקו בו ללא ניע, כשכפות הידיים והאצבעות צמודות אל הזכוכית. המתינו מעט והנה פתאום המטבע יתחיל להתרומם קמעה ולהתנועע כאילו נדחף בידי שד קטן, הכלוא בבקבוק ומבקש להימלט החוצה.

אולם אנו יודעים, כי לא ידי שדים הזיזו את המטבע, וכי אין בתוך הבקבוק אלא אוויר. מה בכל זאת גרם לכך, שהמטבע ינוע ממקומו ? ובכן, בהחזיקנו את הבקבוק בשתי ידיים, אנו מעבירים מחום גופנו אל הבקבוק, והאוויר המקורר שבתוכו מתחמם. עקב כך הוא הולך ומתפשט עד כי צר לו המקום בבקבוק. הוא מבקש איפוא לצאת מתוכו, אך אינו יכול, מפני שהרטיבות שבין המטבע לבין שולי הפתח מונעת זאת ממנו. באין מוצא, לחץ האוויר בתוך הבקבוק הולך וגובר, וכאשר הוא חזק דיו, המטבע פועל כמעין שסתום ; הוא מתרומם ומניח לאוויר העודף לזרום החוצה.

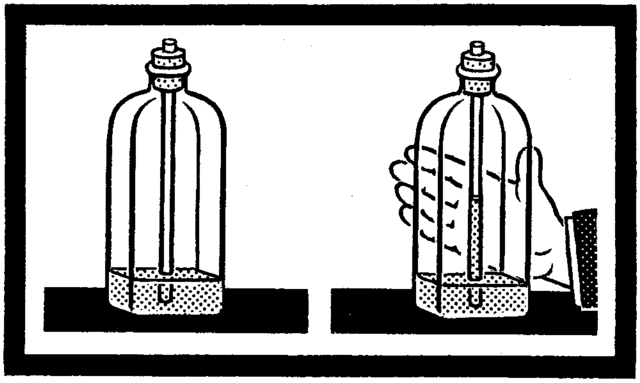
78 מי ניפח את הבלון ?



הלבישו בלון על פתחו של בקבוק, קחו סיר-בישול, שימו בו מים קרים והעמידו בו את הבקבוק. אם תחממו את המים על הכירה, הבלון יתחיל במהרה להתנפח.

עקב החימום מתערבלים חלקיקי האוויר שבבקבוק ותוך כך הם מרחיבים את המרווח ההדדי שביניהם. במילים אחרות : האוויר שבבקבוק מתרחב ועל כן נוצר לחץ מוגבר, הדוחס את עודף האוויר לתוך הבלון ומנפח אותו. אם תוציאו את הבקבוק מתוך הסיר, האוויר שבתוכו ילך ויתקרר, וככל שיתקרר, כן ילך הבלון ויצטמק, עד ששוב יהיה רפה.

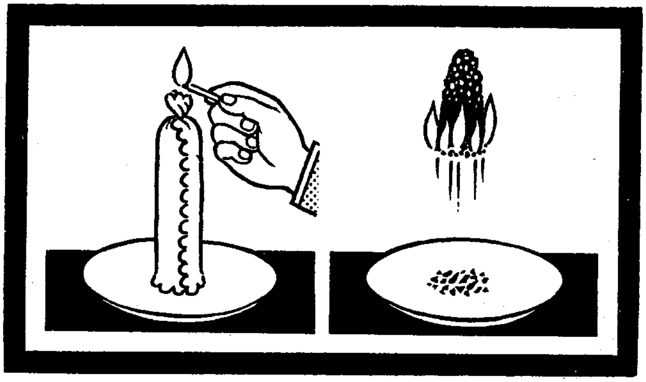
79 מד-חום בבקבוק



שפכו מעט מים צבועים לתוך בקבוק. נקבו את הפקק והשחילו בו צינורית (קשית לשתייה), כך שהקצה התחתון טובל בנוזלים, אם תאטמו את הפקק בדבק ותניחו יד על הבקבוק, המים יעלו אט אט בתוך הצינורית.

מגע היד בבקבוק גורר חימום האוויר הסגור שבתוכו. האוויר המתחמם מתרחב ולוחץ על פני המים. הנוזלים הנדחקים מוצאים להם פתח מוצא בצינורית ועולים בה. ככל שהאוויר מחומם יותר ולחצו חזק יותר, כן גבוה עמוד הנוזלים שבצינורית. אפשר להתקין גם לוח-מעלות על דופן הבקבוק.

80 בלון-האפר

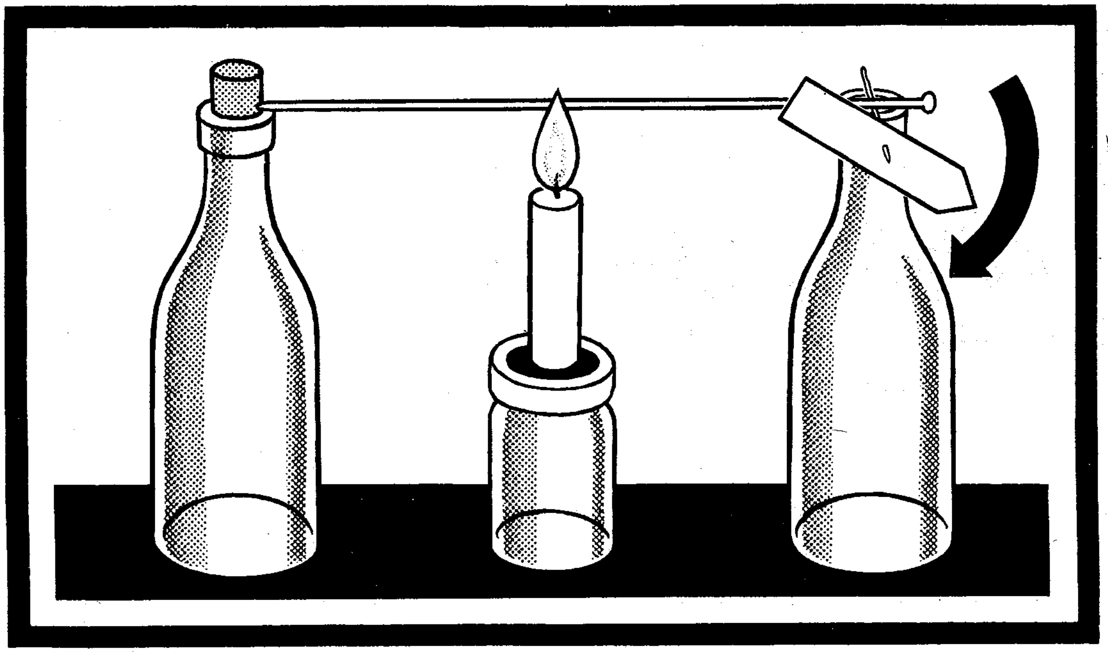


קחו מפית נייר (או פיסת נייר דומה), גלגלו אותה וסובבו את הקצה העליון עד שיתקבל גליל סגור למעלה. העמידו את הגליל במאונך על תחתית בלתי דליקה והציתו את הקצה העליון. בעוד החלק התחתון יבער, כיפת האפר תתרומם לאוויר. זהירות! מפיות מנייר דקיק לא תצלחנה לניסוי זה, מפני שאפרן אינו מוצק דיו.

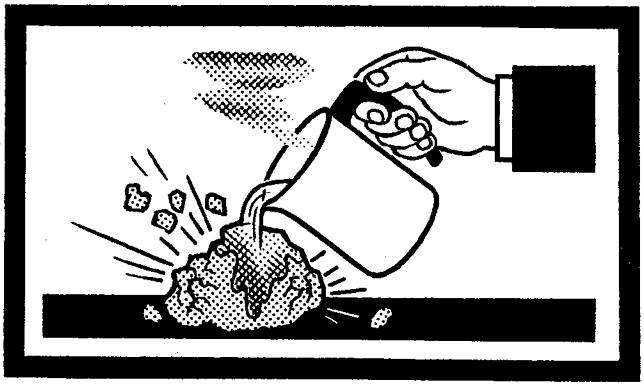
האש מחממת את האוויר הסגור בתוך הגליל וגורמת את התפשטותו. החלק העליון נשרף ועל האפר, דמוי הבלון, מופעל כוח עילוי ניכר, היות ונפתח פתח מוצא לאוויר המחומם, כך שהוא מתפזר בחלקו, בעוד משקלו של החלק שנותר בתוך "בלון-האפר" פוחת בהתאם. ה"בלון" שלנו נהיה איפוא קל עד כדי כך, שכוח העילוי די בו כדי שהאפר ייזרק כלפי מעלה.

81 מתכת מתפשטת

קחו שני בקבוקים שווים בגודלם ומסרגת-אלומיניום ארוכה ככל האפשר. נעצו את חודה של המסרגה בפקק של הבקבוק האחד והניחו את הקצה האחורי שלה — תוך כדי לחץ קל — על פי הבקבוק השני, כך שהוא יזדקר מעט החוצה. נעצו מחט-תפירה בחץ עשוי נייר, באופן שהחץ יהיה בתנוחה מאוזנת, כלומר בשיווי משקל. חזקו בדבק את מקום הניקוב והעבירו את המחט בין המסרגה לבין פי הבקבוק. לבסוף, יש להעמיד נר בין שני הבקבוקים כשקצה הלהבה נוגע בנקודת האמצע של המסרגה.
אם נעקוב אחר החץ נופתע לראות, שהוא זז פתאום ומסתובב מרחק מה בכיוון השעון. סיבת התופעה הזאת נעוצה בכך, שהמסרגה, ככל גוף אחר, מתפשטת — כלומר מתרחבת — בשעת חימום. אילו השתמשנו במסרגת פלדה רגילה החץ לא היה זז אלא מרחק זעום, מפני ששיעור התפשטותה של הפלדה מגיע רק כדי מחצית שיעור התפשטותו של האלומיניום.



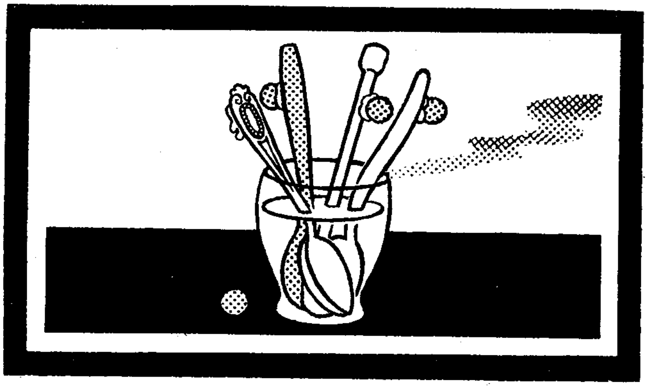
82 פיצוץ האבן



קחו אבן-צור והקפיאו אותה במקרר. אחרי כן שימו אותה על שולחן ושפכו עליה מים רותחים — היא תתבקע בקול פצפוץ רם למדי. זהירות, לא להתקרב יותר מדי!

סיבת הפיצוץ נעוצה בעובדה, שהשכבות החיצוניות מתחממות ומתפשטות מהר מן הגרעין הפנימי. המתחים הנוצרים עקב כך בתוך האבן גורמים את התבקעותה. מאותה הסיבה עשויות להתפקע גם כוסות זכוכית עבות-דופן, כשיוצקים לתוכן נוזל חם מאוד. גם כאן יוצרת מידת ההתפשטות הבלתי שווה של שכבות הזכוכית מתחים, העשויים להיות חזקים דיים להביא להתפקעותה של הכוס.

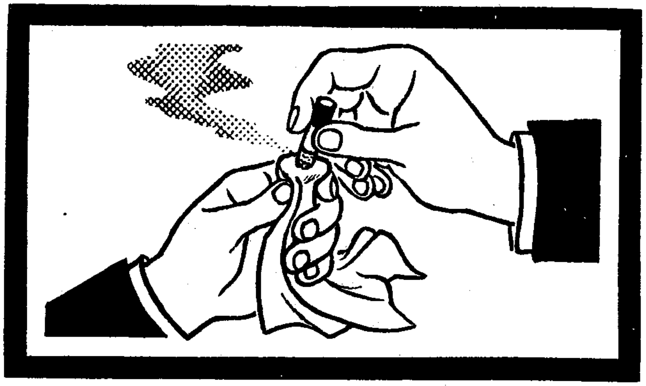
83 מעשה באפונים



שימו בתוך כוס שלוש כפיות עשויות מחומרים שונים, אחת מפלדה, אחת מכסף ואחת מפלאסטיק וכן — אם תוכלו להשיג — מקלון של זכוכית. הדביקו במעט חמאה מן המקרר אפונים יבשות על כל אחת מן הידיות בגובה שווה מעל שפת הכוס. באיזה סדר יפלו האפונים למטה, אם תשפכו מים רותחים לתוך הכוס?

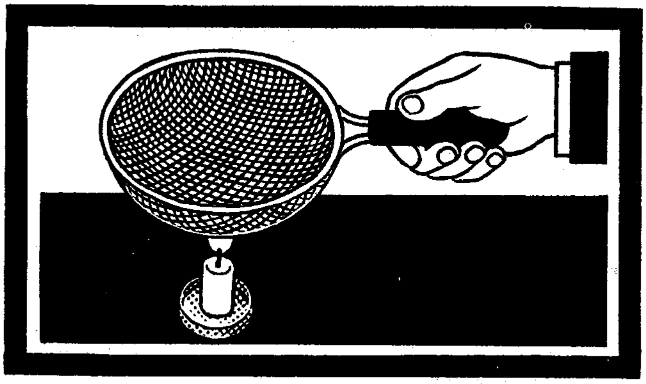
ראשונה החמאה שעל כפית הכסף תימס ותשמיט את האפונה. לאחר מכן יפלו האפונים הדבוקות אל כפית הפלדה ואל מקלון הזכוכית, בעוד האפונה הדבוקה אל כפית הפלאסטיק תשתהה במקומה עוד זמן מה. כסף הוא הטוב שבמוליכי החום, ואילו הפלאסטיק כמעט אינו מוליך חום כלל. בשל תכונה זו מצויידים, למשל, סירי בישול בידיות עשויות פלאסטיק.

84 בד חסין-אש



שימו מטבע של לירה תחת מטפחת עשוייה בד כותנה ובקשו ממישהו מן המבוגרים שבסביבה, לכבות סיגריה על המטפחת המתוחה על המטבע. אל לכם לחשוש, שהבד ייחרך. למעשה, יישאר במקום הכיבוי רק כתם של אפר והבד עצמו לא יינזק כלל.
ניסוי זה מוכיח, שמתכת המטבע היא מוליך חום הרבה יותר טוב ממטווה הכותנה. בשעת הכיבוי המהיר נקלט חומה של האש מיד על ידי המטבע. מלאי החום מספיק רק כדי להביאו לידי חימום קל, בעוד בד הכותנה אינו מגיע, כמובן, למידת החום, הדרושה לתהליך של שריפה.

85 חסימת אש



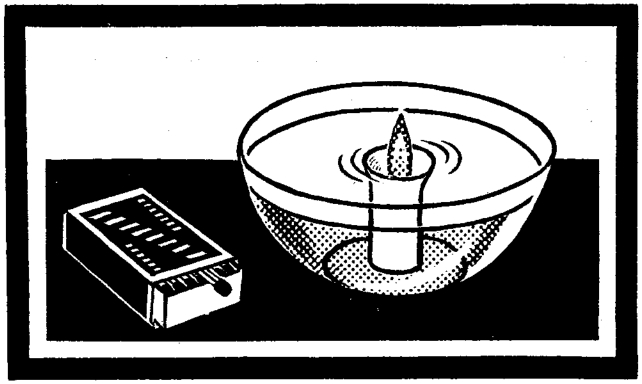
קחו מסננת-מטבח עשוייה רשת של חוט ברזל והחזיקו את המסננת בתוך להבה של נר. אפילו תנמיכו אותה כמעט עד לפתיל, אין האש חודרת מבעד לרשת.
הא כיצד ? ובכן, המתכת של רשת הברזל קולטת כמות כה גדולה מחום הלהבה, שלא נשאר די חום להביא להתלקחות אדי הסטיארין של הנר, שמעל לרשת (אלא אם כן בחימום חזק הרבה יותר, רשת המתכת תגיע לידי התלהטות, רק אז הלהבה תחדור בעדה ותעלה מעליה). באופן דומה פועל פנס הביטחון הפשוט, שמצויידים בו עובדי מיכרות : בפנס זה נתונה הלהבה הפתוחה במעטה של רשת-מתכת, ורשת זו בולעת חלק כה גדול מן החום הנפלט, עד כי החום הנותר אין בו כדי לגרום התלקחות מסוכנת של הגזים המצטברים בנקרות.

86 הרחת מטבעות

בתוך צלוחית מפלאסטיק מונחים שלושה מטבעות. מבקשים ממישהו לבחור כרצונו באחד המטבעות האלה, להחזיק אותו במשך שניות אחדות ביד קפוצה ולהחזירו לתוך הצלוחית, בעוד אתם תעצמו עיניים ולא תראו באיזה מטבע בחר. אם תתערבו כי תוכלו ל"הריח", איזה מטבע החזיק בידו, טובים מאוד הסיכויים לזכות בהתערבות. כל אשר עליכם לעשות לשם כך הוא לשלוף בזה אחר זה את המטבעות מתוך הצלוחית ולהצמיד כל אחד מהם כמה שניות אל השפה העליונה. מיד תוכלו להבחין איזה מהם הוצא מן הצלוחית.

אך מובן, שאין זה ענין של ריח כלל וכלל. מה איפוא סוד הלהטוט? היכולת להצביע על המטבע הנכון נובעת מן העובדה. שמתכות הן מוליכי חום מצויינים, ואילו הפלאסטיק הוא מוליך גרוע מאוד. על כן המטבע המוחזק ביד מתחמם בה מיד, ואחרי החזרתו אל הצלוחית כמעט אינו מאבד מחומו עקב המגע עם הפלאסטיק. כיוון שהשפתיים רגישות במיוחד, נוכל לחוש בעזרתן גם בהבדלי טמפרטורה קלים מאוד, והן יגלו לנו מיד איזה משלושת המטבעות חם משני האחרים. לפני שחוזרים על הלהטוט, כדאי לשים את המטבעות לדקות אחדות במקום קריר כמו רצפת אבן וכדומה.

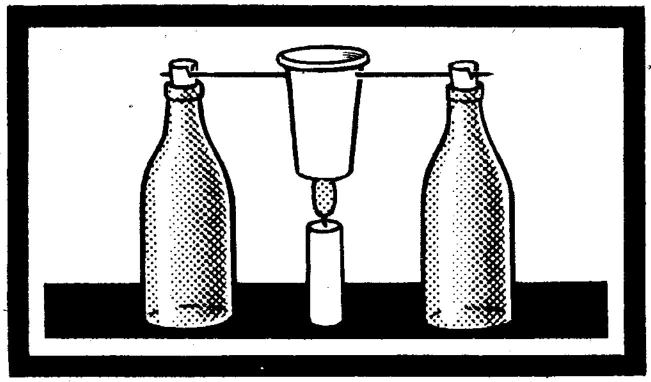
87 אש במים



קחו בדל של נר, חממו בגפרור בוער את קצהו התחתון והדביקו את הקצה לתחתיתה של קערה. מלאו את הקערה מים קרים כמעט עד לשפת הנר והדליקו את הפתיל. הנר יבער כרגיל עד הגיעו אל פני המים ואז תתחיל הלהבה לכרסם את תוכו של הנר, עד שייווצר בו משפך עמוק. מסביב נשאר דופן דקיק של סטיארין וזה מונע מן המים לכבות את הלהבה.

המים קולטים חלק מחומו של הנר, כך שבשכבתו החיצונית אין החום מגיע לנקודת ההיתוך. במצב זה אין הסטיארין מסוגל להתאדות ולהישרף.

88 סיר בישול מנייר

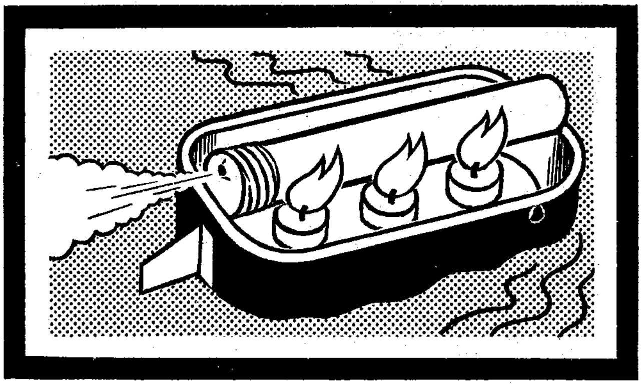


האם העליתם על הדעת, שאפשר להרתיח מים בגביע-נייר על אש פתוחה ? כדי להיווכח שהדבר אפשרי בהחלט, לוקחים מסרגה, מנקבים בה את הקצה העליון של גביע הנייר מזה ומזה, ומעבירים את המסרגה בשני הנקבים. תלו את הגביע בין שני בקבוקים עומדים, מלאו אותו מעט מים והדליקו תחתיו נר. כעבור זמן מה המים ירתחו — שעה שהגביע יישאר שלם, ללא כל פגע. אין בו שום סימני חריכה !

האש אמנם מחממת את גביע-הנייר אך המים שבתוכו מושכים אליהם חום זה. תהליך זה מאפשר להם להגיע לנקודת הרתיחה של 100 מעלות צלסיוס. למידת חום גדולה יותר אין המים מגיעים. הם מתאדים תוך כדי רתיחה, אך כל עוד נותרו מים בגביע, היא מחוסן מפני פגיעת האש, כי אין הנייר מגיע למידת החום הדרושה לשריפתו.

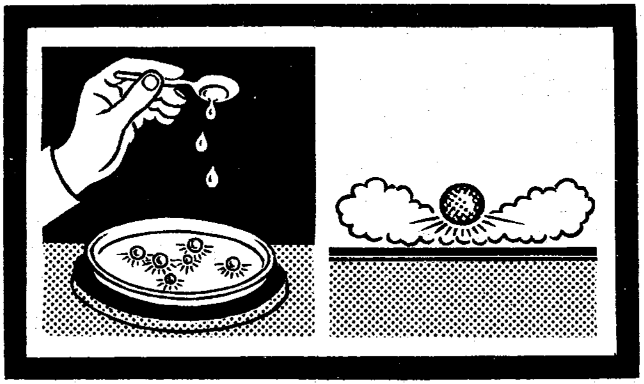
התאיידות

89 ספינת-קיטור



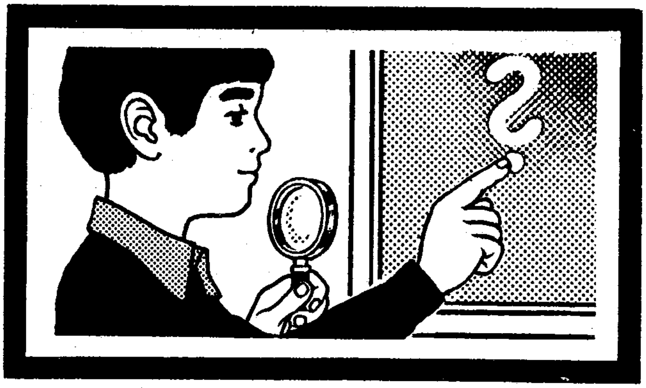
מצאו שפופרת גלולות מאלומיניום, שאורכה כ-10 ס"מ. קדחו מבפנים חור במכסה המתברג, באופן שאחרי הסגירה יימצא החור בחלק העליון של המכסה. מלאו את השפופרת מים כדי מחציתה וסגרו היטב. תחבו אותה לתוך קופסת סרדינים ריקה, כך שלא תוכל לזוז ממקומה. קחו שלושה בדלי נרות קצרים, והדביקו אותם אל קרקעית הקופסה בצד השפופרת. אם תדליקו אותם, המים שבשפופרת יתחילו במהרה לרתוח והקיטור הנפלט לאחור יניע את הספינה.
השפופרת משמשת מעין דוד קיטור. עקב רתיחת המים מצטברים בה אדים במידה ניכרת, ונפלטים מבעד לנקב שבסגר בלחץ רב, היוצר דחף נגדי, והוא שמניע את הספינה. שימו לב! ניסוי זה יצליח רק אם ייערך במקום מוגן מפני משבי רוח. כלומר, רצוי לעשותו בבית באמבטיה או בתוך גיגית.

90 ספינות-רחף



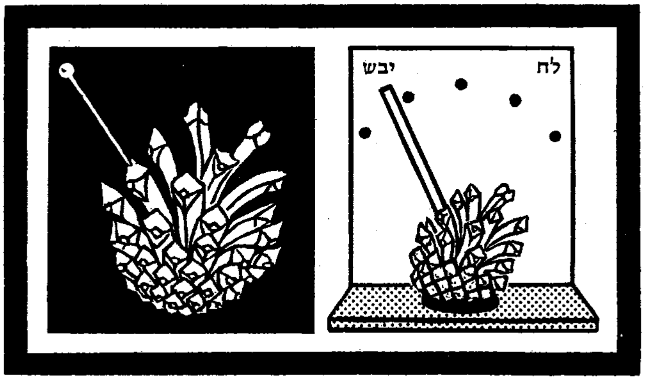
שימו מכסה מפח (מכסה של קופסת עוגיות, למשל) על הכיריים וחממו אותו היטב (זהירות!). אם תזליפו על המכסה המחומם טיפות מים, יתגלה לפניכם פלא-טבע קטן: בדומה לספינות רחף זעירות ירחפו הטיפות באוויר מעל המכסה, מתרוצצות ורוחשות, עד שלבסוף ייעלמו.
במגע עם המתכת המלוהטת, מתחיל מיד להתאדות צדה התחתון של הטיפה. היות והאדים מתפשטים בלחץ רב, הם מרימים את הטיפה והיא מרחפת באוויר מעל המכסה. בו זמנית נצרך בתהליך ההתאדות חלק מן החום של הטיפה ועקב כך שארית הטיפה מצטננת במקצת. כלומר, הטמפרטורה שלה יורדת אל מתחת לנקודת הרתיחה, כך שעובר זמן מה, עד שהיא מתאדה לגמרי.

91 גשם בחדר



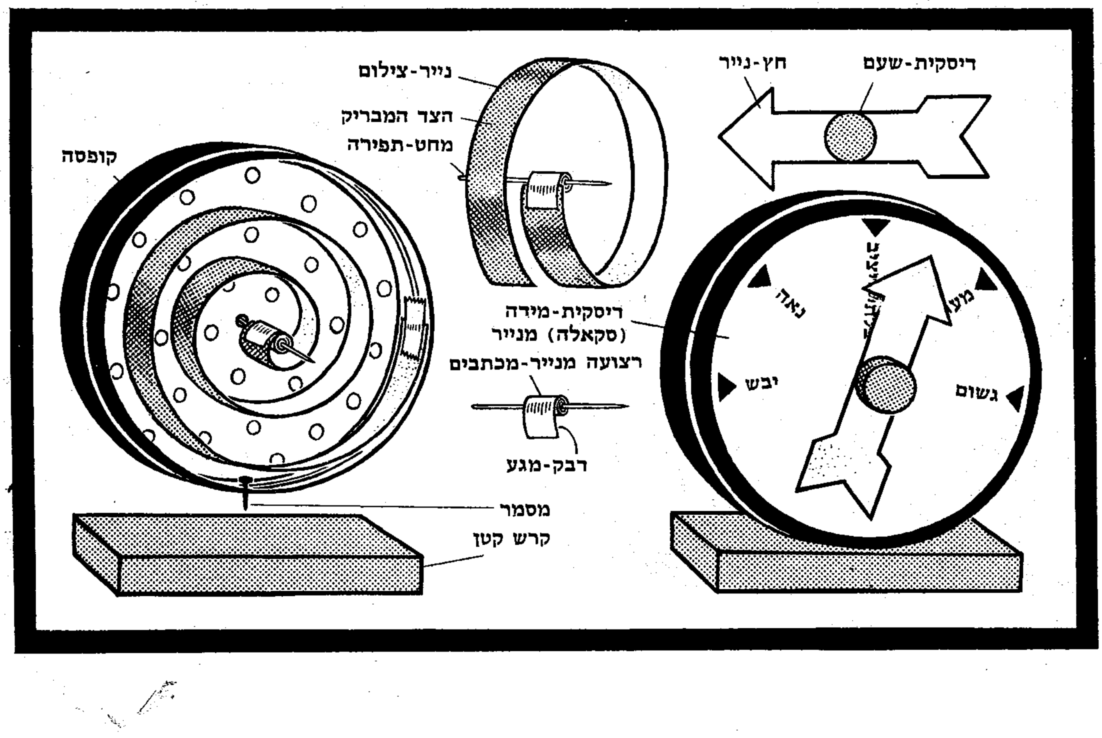
כאשר אחרי מזג אוויר חם ומחניק יורד גשם, מתכסות שמשות החלון הסגור בצדן הפנימי מעין דוק של ערפל. אם תתבוננו בו מבעד לזכוכית מגדלת תראו, כי לפניכם שכבה של טיפות מים זעירות. כיצד הגיעו טיפות אלה לצדה הפנימי של השמשה?
אחרי גשם האוויר בחוץ נהיה קריר יותר. מדוע? מפני שמי הגשם, המתאדים, צורכים בתהליך זה כמות ניכרת של חום, הנשלל מן האוויר, ולפיכך חלה ירידה במידות החום. לעומת זאת האוויר שבתוך חדרי הבית עדיין חם, והוא ספוג אדי מים.

92 תחנה מטאורולוגית



הדביקו על קרש קטן אצטרובל יבש של עץ אורן ונעצו סיכה באחד הקשקשים האמצעיים של האצטרובל. הלבישו על הסיכה קנה קש, התקינו מאחורי האצטרובל לוח (סקאלה — ראו תמונה), ושימו את המתקן בחוץ, במקום מוגן מפני גשם.
מד-לחות פשוט זה בנה הטבע עצמו. לפני גשם נסגרים קשקשי האצטרובל כדי להגן על הזרעים מפני חדירת רטיבות. צדם החיצוני של הקשקשים קולט את לחות האוויר ותופח. הקשקשים סוגרים על הזרעים, ובעשותם כן, הם מניעים את מחוג הקש.

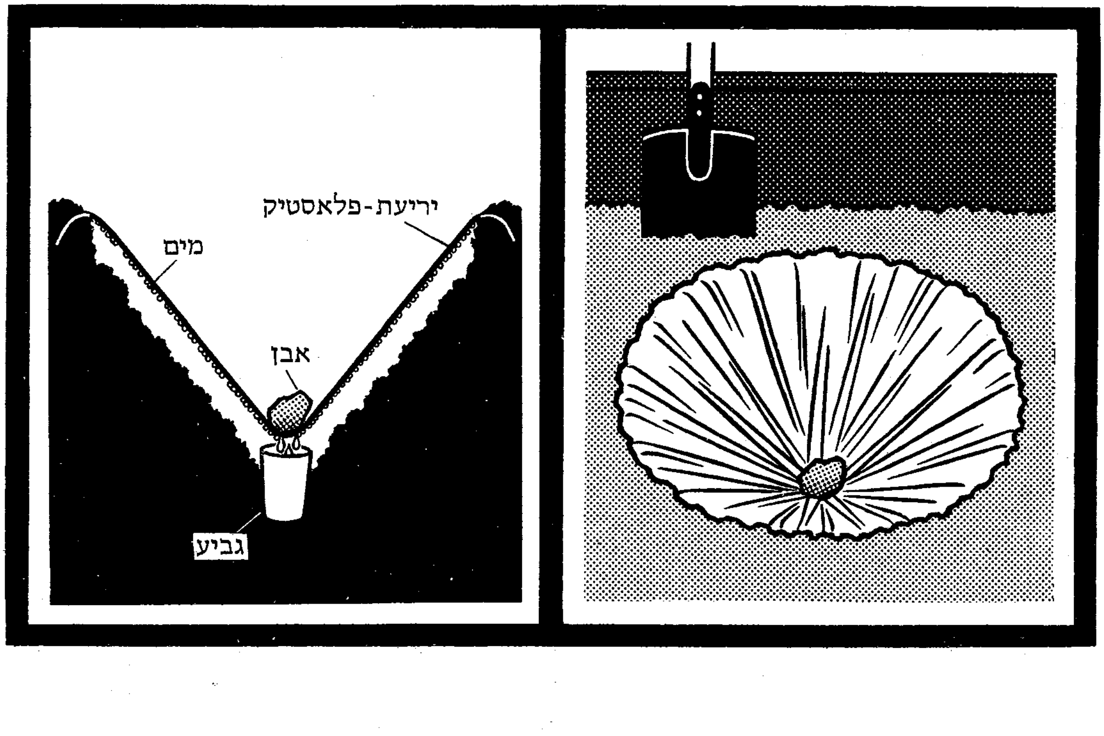
מורחים דבק-מגע על רצועת-נייר (גזורה מנייר-מכתבים) באורך 5 ס״מ וכורכים אותה סביב מחט-תפירה. בקצה רצועה זו מדביקים רצועת נייר-צילום מבריק, ברוחב ס״מ 1 ובאורך 20 עד 30 ס״מ, ומדביקים אותה כך, שצדה המבריק יפנה אל הצד המרוח בדבק של רצועת-הנייר הקטנה. כורכים את רצועת נייר-הצילום סביב המחט כמו קפיץ של שעון. בקופסת-פח קטנה, עגולה ושטוחה (ממשחת-נעליים, למשל) מנקבים חור קטן באמצע התחתית ובאמצע המכסה (משייפים את הבליטות שנוצרו מן הניקוב), נועצים את המחט בחורים אלה ומדביקים את קצה רצועת-הצילום אל דופן הקופסה. חברו אל הקצה הקדמי של המחט חץ-נייר וקבעו אותו במקומו בעזרת דיסקית-שעם. חברו חרוז לקצה האחורי של המחט. שכבת-הז׳לטין, שעל נייר-הצילום — בניגוד לנייר — מתמתחת בהשפעת הלחות. תהליך זה גורם התעקמות נוספת של נייר-הצילום וסיבוב המחוג ימינה. כשפוחתת לחות האוויר, יסתובב, כמובן, המחוג שמאלה.



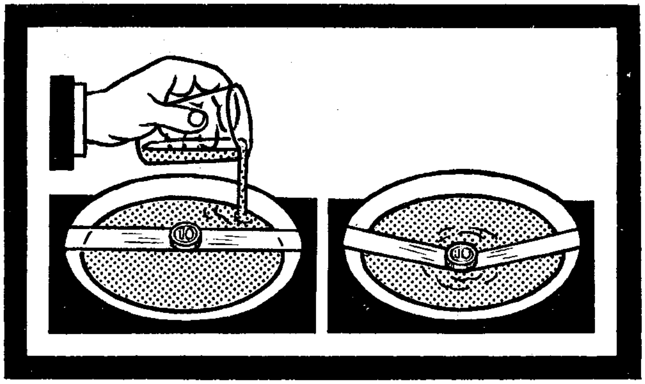
94 מים מחול-המדבר

עד עצם היום הזה קוראים מפעם לפעם בעתונים על בני אדם, שנקלעו למקום נידח במדבר שמם ומתו בו בצמא, בטרם הגיעה עזרה. והנה, למעשה, לא מעטים מהם יכולים היו לעזור לעצמם בצרתם — אילו רק ידעו כיצד. ניסוי בקנה מידה קטן בארגז חול, יוכיח, שבאין מקור מים אחר, אכן אפשר להפיק מי שתיה — אפילו מחול המדבר: חפרו בור עמוק למדי, שדפנותיו משופעים. באמצע התחתית העמידו גביע. עתה, פרשו על דפנות הבור יריעת-פלאסטיק שקופה בגודל מתאים ושימו באמצע אבן קטנה, כך שיריעת הפלסטיק תלבש צורת משפך, שפיו מעל פתח הגביע. את שולי היריעה יש להדק בחול. במהרה תבחינו — בייחוד באור שמש חזק — שטיפות מים זעירות מבצבצות בצדה האחורי של היריעה. טיפות מים אלה ילכו ויגדלו, עד שלבסוף יינתקו מן היריעה ויזלו לתוך הגביע.

חום השמש מחמם במידה ניכרת את החול שמתחת ליריעת הפלסטיק. כל קרקע, ואפילו חול המדבר, מכילה כמות כלשהי של לחות. במקרה שלפנינו מתאדה לחות זו ונספגת בשכבת האוויר הסגור, שמאחורי יריעת הפלאסטיק. במפגש בין האוויר רווי הלחות לבין יריעת הפלאסטיק הקרירה ממנו (מפני היותה מוליך חום גרוע), מתעבה עודף הלחות שבאוויר ויריעת הפלאסטיק מתכסה כולה טיפות מים. כאמור, אפילו חול המדבר, שלכאורה הוא יבש לגמרי, מכיל כמות כלשהי של לחות. אם נשים בבור גם צמחי צבר חתוכים — נפיק מים בכמות, שדי בה להינצל ממוות בצמא! (השוו עם ניסוי "גשם בחדר").



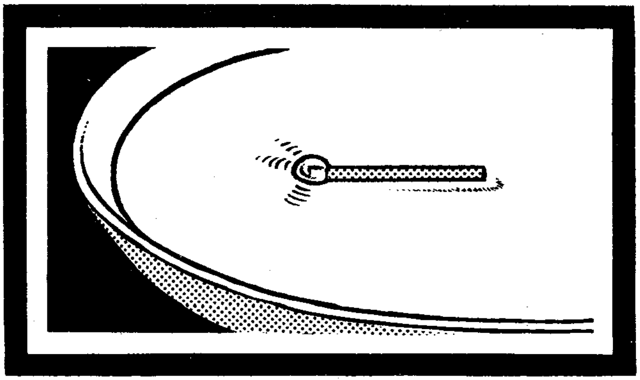
95 טבילת המטבע



הכינו פס נייר צלופן ברוחב 2 ס"מ, מתחו אותו היטב מעל צלחת עמוקה, והדביקו את הקצוות בנייר דבק. שימו באמצע הפס מטבע של 10 אגורות ושפכו לתוך הצלחת מים מן הברז, עד שפני המים יגיעו לגובה של סנטימטר אחד לערך מתחת לפס. המטבע שזה עתה עוד הציץ מעל שולי הצלחת יתחיל אט אט לשקוע וכעבור דקות אחדות יגיע אל פני המים.

נייר הצלופן סופג את הלחות מן האוויור ומתרופף, עד שהוא מגיע על פני המים. אולם למרבה הפליאה, כעבור זמן-מה הפס יחזור ויימתח, לכן גם המטבע יחזור לאטו למקומו הקודם.

96 ספינת-דחף

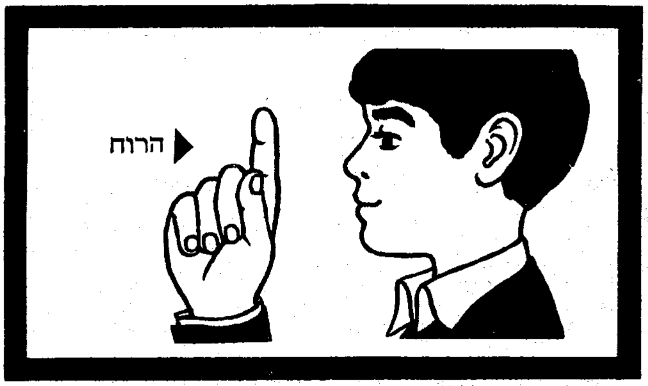


קחו גפרור, הסירו את ראשו וטפטפו על קצהו מעט דבק נוזל. אם תשימו את הגפרור בצלחת מלאה מים הוא ינוע קדימה בתנועה מקוטעת.

הדבק מכיל חומר ממוסס המתנדף בצורת אדים. בזה אחר זה נפלטים מטיפת הדבק ענני אדים זעירים, בלתי נראים, ועם כל פליטת אדים נדחף הגפרור דחיפה קלה קדימה. ככל שנפלטים מן הדבק אדי החומר הממוסס כן הוא נהיה בהדרגה מוצק יותר או, כפי שאנו נוהגים לומר, ה"דבק מתיבש". אם מתבוננים בעזרת זכוכית מגדלת בטיפת דבק מייבש מבחינים בה בשלפוחיות זעירות. שלפוחיות אלה הן שרידי האדים של החומר הממוסס.

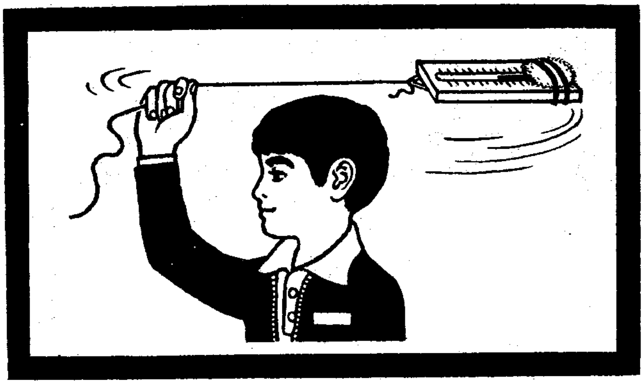
קור וקרח

97 מאין נושבת הרוח?



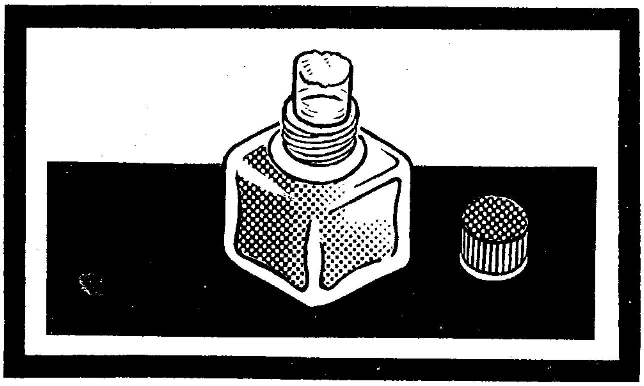
הרטיבו אצבע והחזיקו אותה זקופה באוויר. מיד תחושו באחד מצדי האצבע תחושת קרירות. צד זה הוא הכיוון, שממנו נושבת הרוח.
כאשר נוזל מתנדף או מתאדה הוא צורך כמות מסויימת של חום. הרוח מחישה את תהליך התנדפותה של הרטיבות שעל האצבע ובכך היא מעודדת צריכת חום מוגברת. החום הדרוש לשם כך נלקח מן האוויר ועל כן, ככל שכמות החום הנצרכת גדלה, כן האוויר מתקרר יותר. מכאן תחושת הקרירות באותו צד, המופנה אל הרוח. מאותה סיבה עצמה עלולים לרעוד מקור, אפילו ביום חם, אם אחרי רחצה בים או בבריכה אין מתנגבים ואין מסירים את בגד הים הרטוב: גם כאן המים זקוקים לחום, כדי להתנדף ואת כמות החום, הדרושה להם לשם כך, הם מפחיתים מחום הגוף.

98 יצירת קור



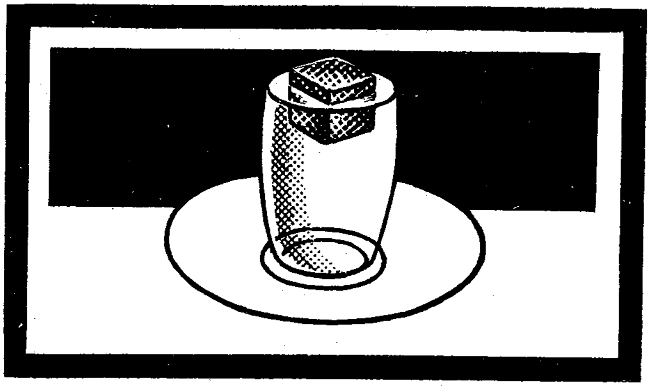
קחו מדחום ביתי (מן הסוג התלוי על הקיר) כסו את גולת הכספית בשכבת צמר גפן, הדקו בשתי גומיות ורשמו את הטמפרטורה, שמורה עמוד הכספית. עתה קשרו אל המדחום פיסת חבל, הרטיבו את צמר הגפן במי-קולון (או בספירט) וסובבו את המדחום על החבל באוויר במשך דקות אחדות. אחרי תרגיל זה תיווכחו, שהטמפרטורה, שמורה עליה עמוד הכספית, ירדה במידה ניכרת.
הכוהל שבמי הקולון מתנדף במהירות, ותוך כך הוא צורך חום. הרוח הנוצרת על-ידי סיבובי המדחום, מחישה את תהליך ההתנדפות, ובכך היא גורמת צריכת חום מוגברת. האוויר בסביבת המדחום מצטנן במידה ניכרת, ועל כן יורד עמוד הכספית ומורה על טמפרטורה נמוכה מזו שבחדר.

99 עמוד קרח



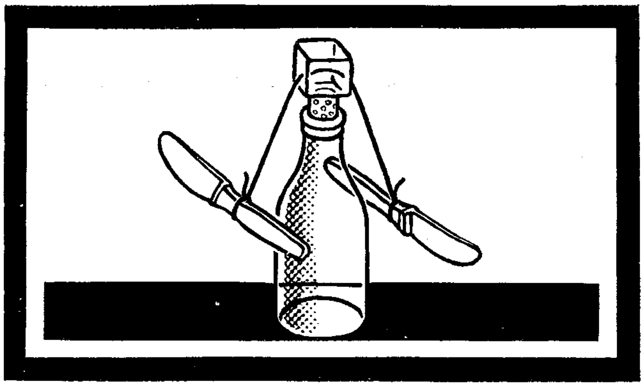
קחו בקבוק ריק של דיו (או בקבוק דומה), מלאו אותו במים עד לשפתו ושימו אותו פתוח בתא ההקפאה של המקרר. במהרה יזדקר מפי הבקבוק עמוד של קרח.
תופעה זו נובעת מתכונה מוזרה, המאפיינת את המים: כאשר מים חמים מצטננים, הם מתכווצים ונפחם הולך וקטן. אולם כאשר מידת החום יורדת אל מתחת ל-4° צלסיוס, המים חוזרים ומתפשטים. אך בכך לא די: בניגוד כמעט לכל החומרים האחרים, המתכווצים בעת קפאונם, הרי המים, בהגיעם לנקודת הקפאון (0 מעלות) מתפשטים בשיעור של 1/11 מנפחם. כאשר המים קופאים, הם מתפשטים במידה כזאת, שהם זקוקים לתוספת מקום, השווה בגודלו לחלק 11 מנפחם לפני הקפיאה. זאת הסיבה לכך, שלקרח צר המקום בבקבוק, והוא מזדקר מתוכו. אילו נסגר הבקבוק — היה מתפוצץ.

100 קוביית הקרח והקרחון



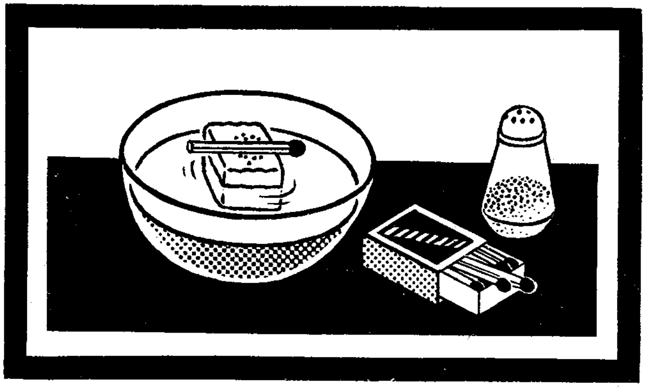
שימו קוביית קרח בכוס ומלאו את הכוס מים עד שפתה. קוביית הקרח תצוף במים ותזדקר במקצת מעל שפת הכוס. האם יישפכו מים מן הכוס, שעה שהקרח יימס?
בשעת קפיאתם, המים מתפשטים כדי 1/11 מנפחם, על כן הקרח קל מן המים, והוא צף בהם כשחלק ממנו מזדקר החוצה. אולם שעה שהקרח נמס, הוא חוזר ומאבד את עודף הנפח שלו, עודף, השווה בדיוק לנפחו של אותו חלק מן הקובייה, המזדקר מעל פני המים.
פירוש הדבר: בצורה נוזלית, קוביית הקרח תתפוס בתוך הכוס לא יותר מקום משתפס קודם לכן אותו חלק מן הקובייה, שהיה שוקע במים. על כן, כאשר תימס קוביית הקרח, לא ישתפכו מים מן הכוס. קרחונים צפים בים בדומה לקוביית הקרח הקטנה שבכוס. משום כך הקרחון, שלעתים הוא גדול-ממדים כהר, הוא אויב מסוכן לספנות, מפני שרק קצהו העליון מזדקר מעל פני הים.

101 קוביית הקרח וחוט הברזל



סגרו בקבוק בפקק ושימו על הפקק קוביית קרח. קשרו אל שני הקצוות של חוט-ברזל דק שתי משקולות שוות או שני עצמים שווי-משקל וכבדים למדי (כמו, למשל, סכינים בעלות ניצבי מתכת). תלו את חוט הברזל על קוביית הקרח והעמידו את כל המתקן בתא ההקפאה של המקרר. כעבור זמן קצר תמצאו, שחוט הברזל פילח את הקרח ושקע בו — ואילו הקובייה נשארה שלמה ולא נחתכה לשניים.
אכן, זה אחד מלהטוטי הטבע וסודו צפון בעובדה, שקרח מפשיר כשמופעל עליו לחץ. במקום שמונח חוט הברזל מופעל על קוביית הקרח (בעזרת שתי המשקולות) לחץ מוגבר אך מי ההפשרה המתהווים מעליו חוזרים וקופאים מיד, והקובייה נשארת שלמה.

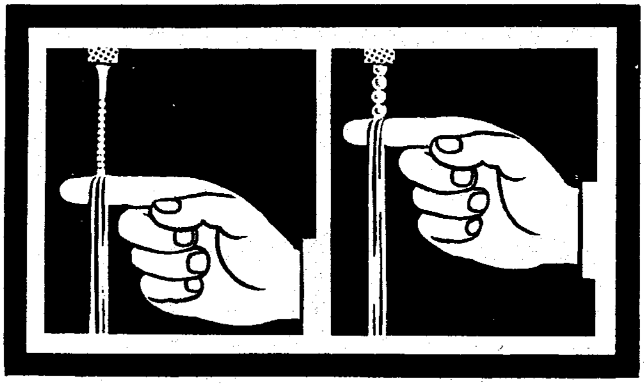
102 כיצד לדוג קוביית קרח ?



מי יודע לדוג בעזרת גפרור או קיסם עץ קוביית קרח מתוך קערה מלאה מים ? בעזרת טריק קטן הדבר פשוט למדי : שימו את הגפרור על קוביית הקרח וזרו עליו מעט מלח. בן רגע הגפרור כמו נדבק אל הקרח. אפשר להרים אותו יחד עם הקובייה ולהוציא את שניהם מתוך הקערה בלי לנגוע בקרח.
מי מלח אינם קופאים באותה קלות כמו מים נקיים, ומלח שנזרה על קרח מפשירו. כך פועלים גם גרגרי המלח על קוביית הקרח. אולם בו זמנית בכל תהליך של הפשרה (המסה) נצרכת כמות מסויימת של חום. במקרה שלנו חום זה נלקח מן הרטיבות המצוייה מתחת לגפרור, שטח שגרגרי המלח לא יכלו להגיע אליו. אבדן החום גורם את קפיאתה המיידית של אותה רטיבות, יחד עם הגפרור השקוע בה.

ניסויים בנוזלים

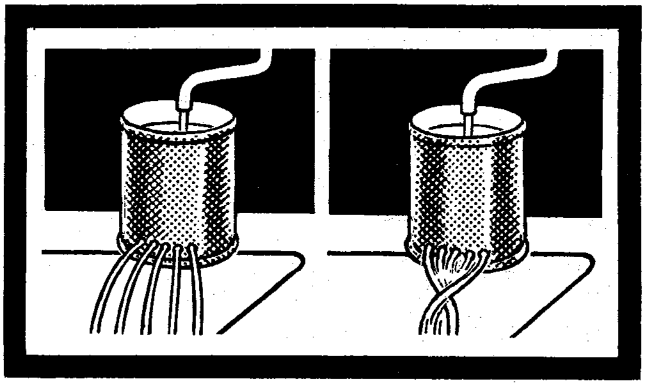
103 מחרוזת פנינים



פתחו ברז מים כדי סילון דק. החזיקו את האצבע במרחק כ-5 ס"מ מפי הברז ותנו למים לקלוח על האצבע. אם תתבוננו היטב, תגלו בסילון המים דוגמה גלית מסתורית. אם תקרבו את האצבע במקצת אל פי הברז ילבשו הגלים יותר ויותר צורה כדורית, עד שסילון המים ידמה למחרוזת פנינים.

היווצרותה של "מחרוזת המים" היא תוצאת פעולתו של כוח הקרוי מתח-פני-נוזל. כוח זה פועל מפני הנוזל פנימה אל מרכזו והוא אף מהדק זה אל זה את החלקיקים הזעירים שכל טיפת נוזלים מורכבת מהם. כאשר מקרבים את האצבע אל הברז, זרם המים נבלם, עד כי בגלל המתח, הפועל במים, מתחלק הזרם לטיפות עגולות. כאשר מגדילים את המרחק שבין הברז לאצבע, גוברת מהירות הנפילה של המים ועיצוב הטיפות מתרופף.

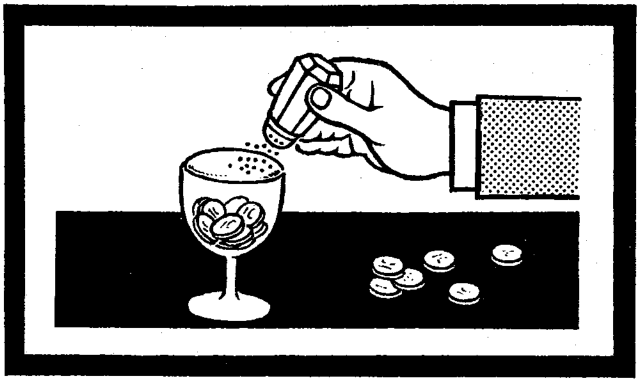
104 צמת-מים



מצאו קופסת שימורים ריקה שתכולתה ק"ג 1. קחו מסמר שעוביו 2 מ"מ, ובעזרתו נקבו חמישה חורים בקופסה במרחק מועט מעל שולי התחתית. המרווח הכולל בין החור הראשון והחמישי צריך להיות 3 ס"מ. הציבו את הקופסה תחת ברז. אם תזרימו מים אל הקופסה יקלחו מתוך החורים חמישה סילוני-מים דקים. אם תחליקו באצבע על שורת החורים, סילוני המים ישתלבו למעין צמה.

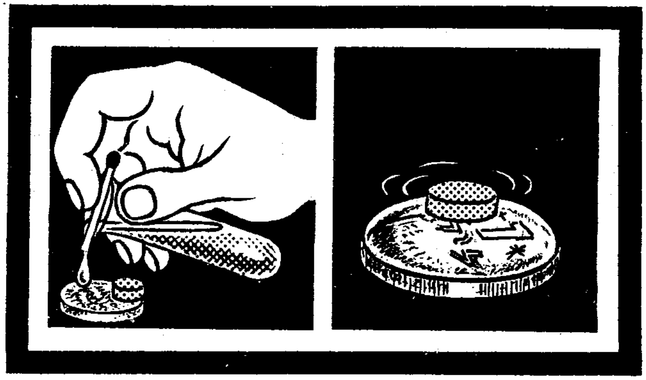
חלקיקי המים נמשכים זה אל זה ויוצרים את הכוח הקרוי מתח-פני-נוזל (ראו ניסוי המחרוזת). הניסוי שלפנינו ממחיש את פעולתו של כוח זה בצורה ברורה ומאלפת. כשהוא מטה את הסילונים לצדדים וקולע אותם יחד, למעין צמה.

105 כיפת-מים



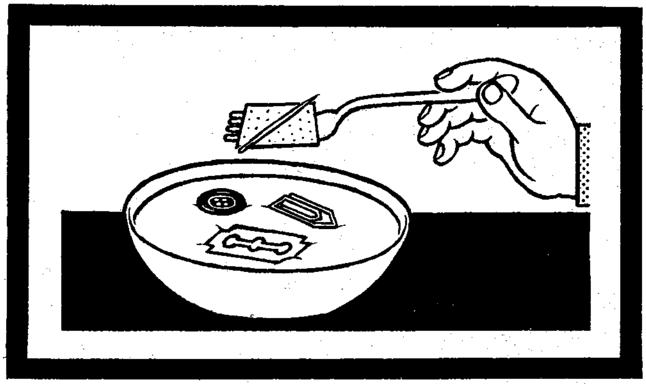
מלאו כוס ריקה מי-ברז, עד שפני המים יגיעו בדיוק לקצה שפת הכוס, אך לא יישפכו מתוכה. קחו מספר מטבעות והכניסו אותם לאט ובזהירות — מטבע אחר מטבע — לתוך הכוס. אם תתבוננו בפני המים תראו, שהם מתקמרים מעל הכוס למעין כיפה, אבל אף טיפה אחת לא נשפכה החוצה.
מפתיע, כמה מטבעות אפשר להכניס לתוך הכוס, בלי שהמים יישפכו מתוכה. כיפת המים שומרת על צורתה, ממש כאילו היה מתוח עליה קרום דקיק. גם כאן מתח-פני-הנוזל הוא הכוח, המחזיק את המים העודפים שבכוס בצורת כיפה ומונע אותם מהישפך החוצה. אם זורים לבסוף בזהירות גם את תוכנה של ממלחה לתוך הכוס, יימס בה המלח בלא שהמים יישפכו. במקום זה רק קמרון הכיפה יגבה יותר.

106 כמו ספינה בנחשולי הים



שימו על השולחן מטבע של לירה אחת ועל המטבע, באחד מצדדיו, שימו עיגול קטן ודק של שעם (פקק). כיצד ניתן להעביר את הפקק לאמצע המטבע, בלי לנגוע בו?
טפטפו בעזרת מזלף או גפרור מים על המטבע — טיפין, טיפין. יש להקפיד שלא יישפכו ותיווצר מעל המטבע כיפת מים. בתחילה, כוח הכובד יחזיק את הפקק למטה, בשולי הקימור הקל של כיפת המים. אך ככל שכמות המים המוזלפת גדלה, כן עולה הלחץ למטה, בשוליים, שעה שבראש הכיפה הלחץ אינו משתנה. הפקק נע איפוא במעלה הכיפה, אל המקום שמצוי בו הלחץ הנמוך ביותר, כלומר, אל ראש הכיפה שמעל מרכזו של המטבע. אותו תהליך מאפשר גם לספינה, הנקלעת לסערה, לצוף על פני נחשולי הים.

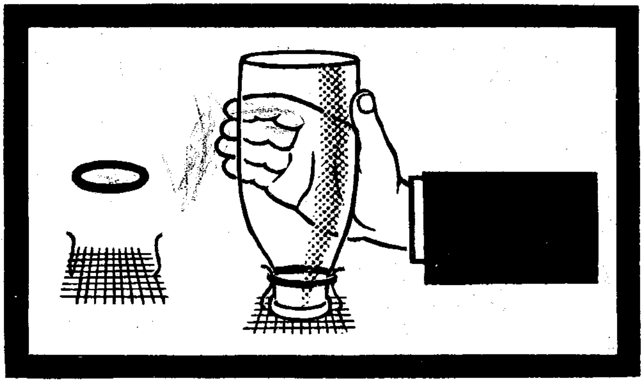
107 מתכת צפה



מלאו קערה במי ברז. שימו על פיסת נייר סופג חפצים קטנים עשויים מתכת והעבירו אותם בזהירות בעזרת מזלג על פיסת הנייר לתוך הקערה. כעבור שעה קלה הנייר, הספוג מים עד רוויה, ישקע אל תחתית הקערה ואילו גופי המתכת יוסיפו דווקא לצוף על פני המים.

המתכת כבדה ממים, ובעצם אפשר לצפות, שבהיותם עשויים מתכת, אותם גופים קטנים לא יהיו מסוגלים לצוף על פני המים, וישקעו אל התחתית. בכל זאת רואים אנו במו עינינו שהם אינם שוקעים. הא-כיצד? ובכן, גם כאן הסיבה נעוצה בפעולתו של מתח-פני-הנוזל. במקרה זה אותו כוח מיסתורי, שכבר נתקלנו בו בניסויים קודמים, מהדק את חלקיקי הנוזלים אלה אל אלה בחוזקה, עד כדי כך, שצפיפותם אינה מאפשרת לאותם גופים קטנים לשקוע בהם. לבסוף עוד הערה: המים שמשתמשים בהם לצורך ניסוי זה חייבים להיות נקיים מסבון — תוספת סבון מבטלת את פעולתו של מתח-פני-הנוזל.

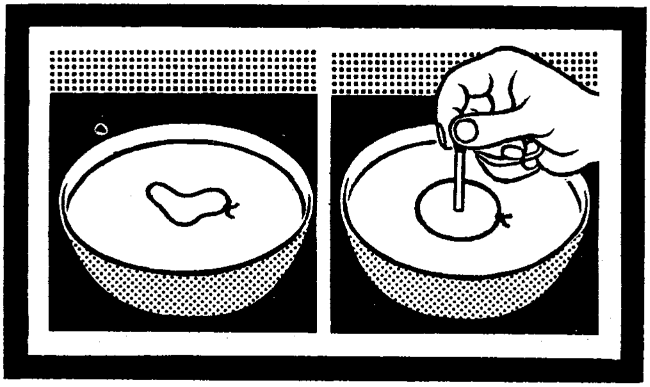
108 מסננת בלתי עבירה למים



קחו בקבוק ריק של חלב, או כל בקבוק אחר, שצורתו דומה, ומלאו אותו מים. חברו אל פתחו בעזרת גומייה חזקה פיסת רשת ברזל בגודל 5×5 ס״מ בערך. שימו יד על הפתח והפכו את הבקבוק על ראשו. אם תרחיקו עתה את היד מפתח הבקבוק, אף טיפת מים לא תישפך ממנו.

כל אימת שמים באים במגע עם אוויר, המים מסתגרים עקב מתח פני הנוזל, כאילו צופו בקרום דק. בניסוי שלפנינו, אותו ״קרום״ אוטם כליל את נקבי הרשת, כך שאין האוויר יכול לחדור פנימה ואין המים יכולים להישפך החוצה.

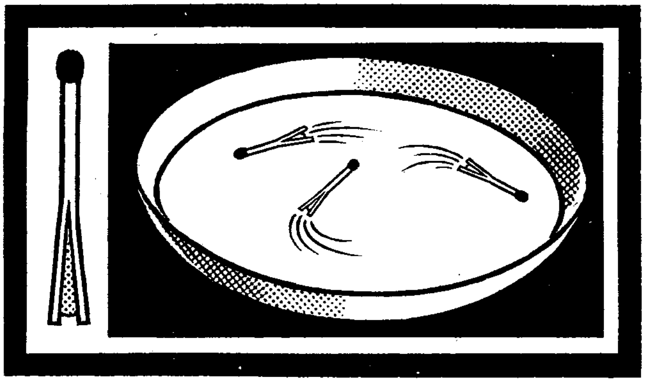
109 להטוט בחבל



קשרו את הקצוות של חתיכת חבל לעניבה ושימו אותה בכלי מלא מים. היא תצוף על פני המים כשצורתה מקרית, בלתי סימטרית. אם תטבלו גפרור במים, בנקודת האמצע בכל האפשר של העניבה הבלתי סימטרית, פיתולי החבל יתיישרו כהרף עין והעניבה תלבש צורת עיגול, המקיף את הגפרור.

לפני השימוש מרטיבים מעט את קצה הגפרור בטיפת תכשיר להדחת כלים. בשעת הטבילה חומר זה מתפזר לכל הצדדים וחודר על בין חלקיקי המים, המהודקים זה אל זה מכוח מתח-פני-הנוזל ויוצרים מעין "קרום-מים". אותו "קרום-מים" הולך ונקרע כהרף עין מן המרכז לעבר ההיקף. תהליך זה מביא את חלקיקי המים לידי תנועה, הם נדחפים אל עניבת החבל בכל היקפה מסביב, וכך הם מותחים אותה ומשווים לה צורת עיגול.

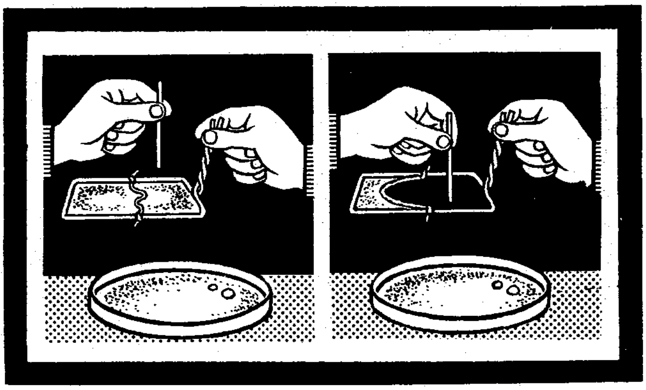
110 מירוץ סירות



מפצלים את הקצה האחורי של גפרור לשניים ומורחים לתוך הסדק מעט סבון רך. אם שמים את הגפרור לתוך צלחת עם מי ברז ינוע הגפרור קדימה וישוט שעה ארוכה למדי. בתוך גיגית אפשר לערוך תחרות שיט בין כמה וכמה גפרורים.

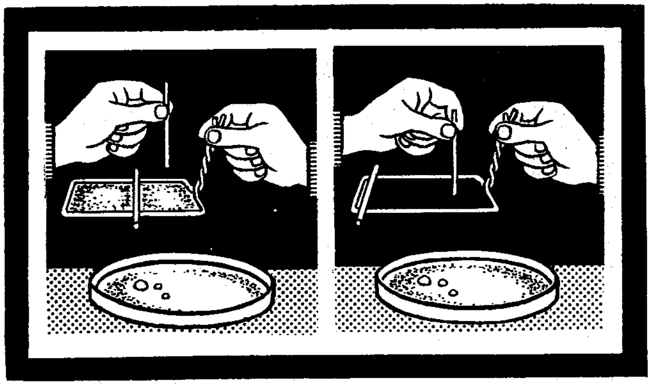
הסבון ההולך ונמס הורס בהדרגה את מתח-פני-הנוזל (ראו ניסוי קודם). עקב כך חלקיקי המים מובאים לידי תנועה לאחור וזו שוב — בתגובת נגד — גורמת את דחיפת הגפרור קדימה. אילו במקום הסבון המוצק, הנמס לאט לאט היינו משתמשים בטיפה של תמיסת סבון כלשהי, היתה תנועת הגפרור מתבצעת בבת אחת, כלומר בזינוק אחד ויחיד.

111 החוט המזנק



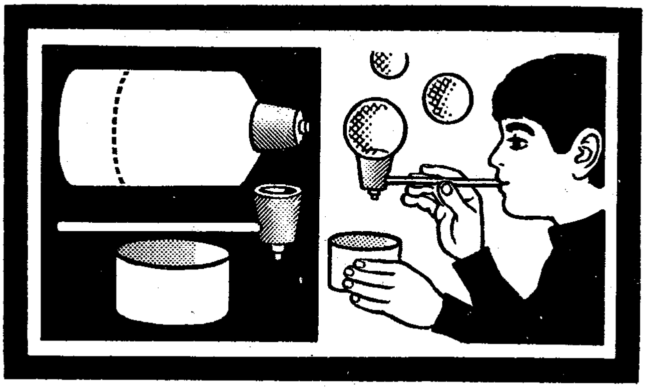
מכופפים חוט ברזל דק למסגרת, שגודלה 8 × 3 ס"מ, כך שקצותיו של חוט הברזל ייפגשו באמצע אחד הצדדים ויוכלו לשמש ידית. קושרים באופן רופף חוט רגיל כלשהו באמצע המסגרת, במקביל לצד שבו מצוייה הידית. אם שמים בצלחת תמיסת סבון (או תכשיר נוזלי להדחת כלים) וטובלים בה את המסגרת, רואים, כי על המסגרת נמתח קרום-סבון דק. אם נועצים מסמר, מסרגה או כדומה באמצע חציו האחד של הריבוע ו"מפוצצים" את הקרום, כי אז יזנק החוט אל חציו האחר של הריבוע ויתמתח שם בצורת קשת.
כבר בשעה שמוציאים את המסגרת מתוך תמיסת הסבון חשים, כי יש להתגבר על התנגדות מסויימת. התנגדות זו מופעלת בגלל התהוות הקרום, על ידי הכוח המהדק את חלקיקי הנוזלים. בשעה שמנקבים את הקרום, הכוח שוב נכנס לפעולה ומכווץ את שארית הקרום המנוקב.

112 רכבת קטנה



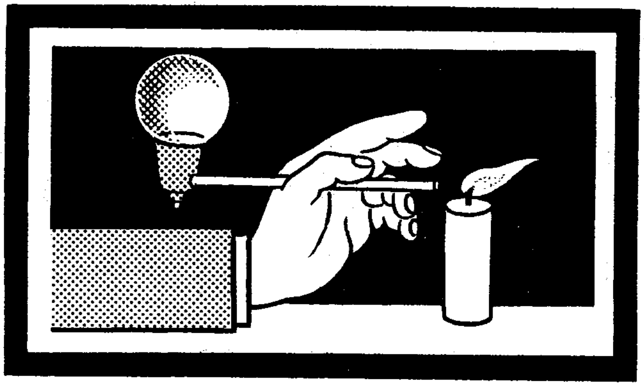
קחו את מסגרת הברזל שהשתמשתם בה בניסוי הקודם. הסירו ממנה את החוט הקשור אליה ושימו באמצע המסגרת, באופן רופף, חתיכה ישרה של חוט ברזל. טבלו בזהירות את המסגרת עם חוט הברזל בתמיסת סבון, כך ששוב יימתח עליה קרום דק. אם תנקבו קרום זה, כמו קודם, באחד הצדדים, חוט הברזל יתגלגל בהנף אחד אל הקצה האחר של המסגרת.
כוח המשיכה ההדדית של חלקיקי הנוזלים הוא כה חזק, שהוא עושה את קרום הסבון גמיש כמעט כמו את המעטה המתוח של בלון מנופח. כאשר מנתקים באמצעות ניקוב את אחיזת החלקיקים בצד אחד, נוצר חוסר איזון של כוח משיכה עודף בצד האחר. כוח זה מושך אליו את שרידי הנוזלים ואף מגלגל יחד עמם את חוט הברזל.

113 בועות סבון



כל בקבוק שהכיל תכשיר להדחת כלים ומיועד לאשפה, עדיין אוצר בתוכו אלפי בועות סבון. קחו בקבוק פלאסטיק כזה, וחתכו אותו בשליש התחתון של גובהו לשניים (זהירות! כדאי להשתמש בסכין לחם או בסכין-מסור אחרת). ערבבו את שרידי התכשיר שבחלק התחתון בעשר כפיות מים. קדחו חור באחד מצדדיו של סגר הבקבוק ונעצו בחור קנה קש — והנה לפנינו מקטרת. עתה שימו בה מעט ממי הסבון שבתחתית הבקבוק ונשפו! עקב פעולתו של מתח פני הנוזל, החלקיקים הנוזליים של מי הסבון מהודקים היטב מבפנים ומבחוץ כאחד. הם דבוקים זה בזה עד כדי כך, שהם סוגרים כליל על האוויר הזורם מתוך המקטרת. תוך כדי כך הם לובשים את צורת הגוף בעל השטח הקטן ביותר, היא — צורת הכדור.

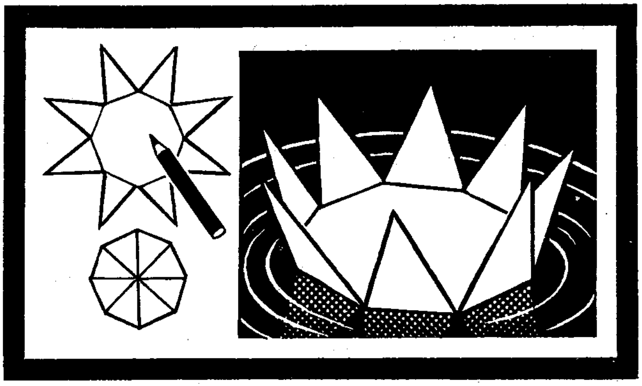
114 שרוול-רוח



עשו בעזרת המקטרת בועת סבון גדולה. עשו כן בזהירות, שהבועה לא תפרח באוויר. סתמו את פתח קנה הקש באצבע, קרבו את המקטרת עם בועת הסבון אל להבה של נר והסירו את האצבע מפתח הקשית: בעוד הלהבה תיטה לצד, בועת הסבון תלך ותצטמק עד שתיעלם כליל.

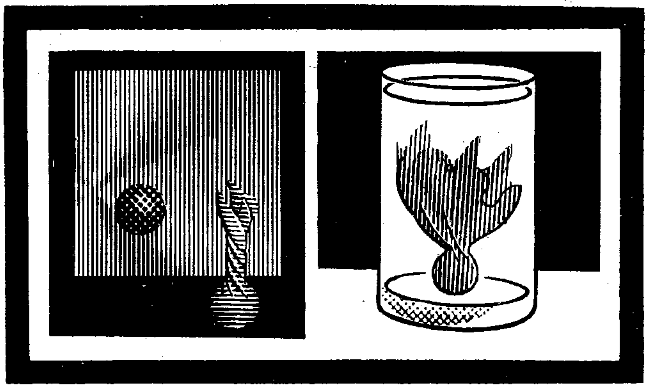
אף על פי שהקרום המהווה את מעטה הבועה הוא כה דק, שלרוב עוביו פחות מאלפית המילימטר, יש בכוחו לדחוס את האוויר הסגור בפנים. כאשר משחררים את פתח הקשית, חלקיקי הנוזלים חוזרים ומתכווצים בהשפעת מתח פני הנוזל. תוך כדי כך נדחף האוויר דרך הקשית החוצה ומטה, כמשב רוח, ודוחף את הלהבה לכיוון הנשיבה.

115 שושנת מים



גזרו מנייר כתיבה חלק צורה דמויית פרח. צבעו אותה בעפרונות צבעוניים וקפלו את עלי הכותרת היטב כלפי פנים. אם תניחו את השושנה במים, תראו, שעלי הכותרת הולכים ומזדקפים אט אט עד שהפרח נפתח כולו.
הנייר מורכב בחלקו הגדול מסיבים צמחיים, הבנויים בצורת צינורות דקיקים. בצינורות אלה, המכונים צינורות קפילַאריים, עולים המים והנייר תופח. כך, בדומה לצמח נובל המושם במים, חוזרים ומזדקפים גם עלי הכותרת של השושנה המלאכותית.

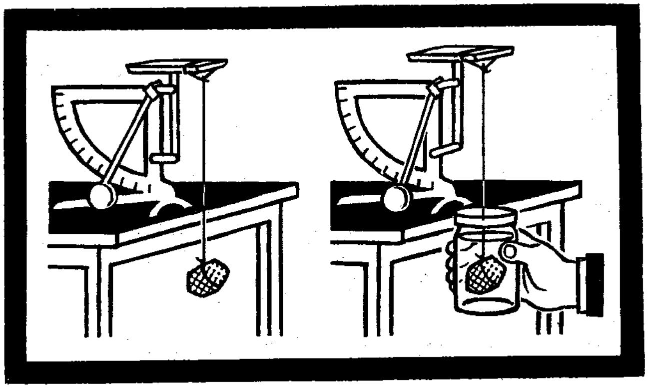
116 פרח הפלאים



שימו גולה על ריבוע של נייר צלופן שגודלו 8×8 ס״מ, אחזו את הנייר בארבע זוויותיו, סובבו אותו היטב מעל לגולה, והכניסו אותו לתוך כוס מים. אט אט ייפתח נייר הצלופן, עד כי ידמה לפרח מלבלב.
צלופן עשוי מחומר הקרוי תאית, והוא החומר שממנו בנויים דפנות התאים של הצמחים. כמוהם גם הצלופן חדיר למים. בדומה לספוג הוא קולט מים דרך נקבוביות זעירות ביותר ותופח.
מראה הפרח יהיה מרשים עוד יותר, אם משתמשים לצורך הניסוי בנייר צלופן צבעוני, כמו למשל בעטיפת סוכריות. שימו לב! ישנו גם נייר מחומר סינתטי, שעל אף היותו דומה מאוד לצלופן, אינו מתאים לניסוי זה, מפני היותו בלתי חדיר למים.

גופים צפים וכוח העילוי

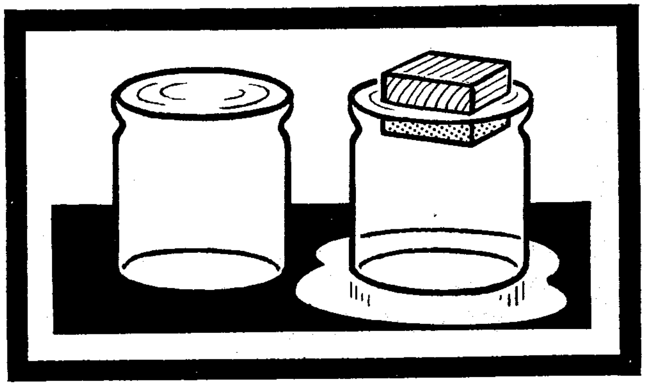
117 הפסד משקל



קשרו אבן בחוט אל מאזני-מכתבים. רשמו את משקלה של האבן. אם תשקיעו את האבן בכלי מלא מים, האם יפחת משקלה?

כאשר, בשעת רחצה בים או בנהר, מרימים אבן מן הקרקעית, בוודאי תתפלאו תחילה על משקלה המועט, לכאורה, אולם ברגע שמרימים את האבן מעל פני המים, חשים פתאום מה כבדה היא באמת. ואכן, כאשר גוף נטבל בנוזל (או בגז), משקלו פוחת. גופים צפים בנוזל ממחישים תופעה זו בבהירות יתרה וגם היכולת לשחות במים מבוססת עליה (ראו הניסוי הבא).

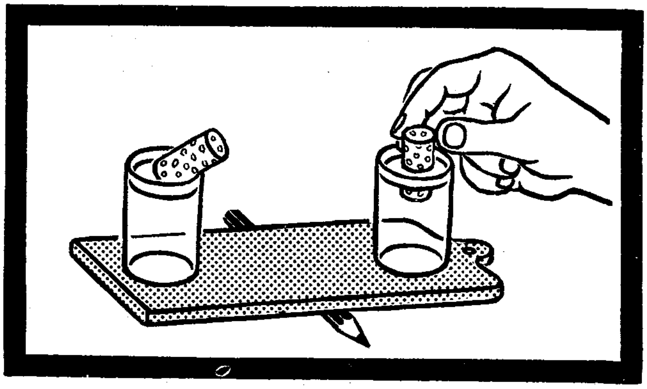
118 חוק ארכימדס



מלאו כלי כלשהו מים עד שפתו ושקלו אותו. שימו בכלי קוביית עץ. עם הכנסת הקובייה לתוך הכלי יעלו המים מעל שפת הכלי וחלק מהם יישפכו החוצה. עתה שקלו שנית ובדקו, אם השתנה משקלו של הכלי.

תיווכחו לראות, שמשקלו של הכלי לא השתנה כלל. כמות המים שנשפכה, משקלה שווה בדיוק למשקלה של קוביית העץ כולה. כבר כ-250 שנה לפסה"נ גילה המתימטיקאי היווני המפורסם ארכימדס, כי גוף שקוע בנוזל מפסיד לכאורה ממשקלו כמשקל הנוזל שנדחה על ידו. הכוח הפועל על גוף, השקוע בנוזל, וגורם הפחתה מדומה של משקלו נקרא: כוח עילוי.

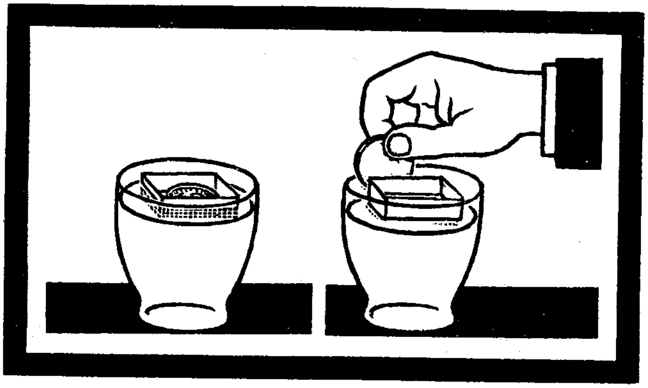
119 בעיה של משקל



אם אין לרשותכם מאזני שולחן בעלי שתי כפות מאזניים, קחו עיפרון משושה (בעל שש זוויות), שימו עליו קרש-מטבח או סרגל והציבו עליו שתי כוסות, המכילות כמות שווה של מים. הביאו את הכוסות למצב של שיווי משקל. מה יקרה אם טובלים בכוס אחת פקק שעם? כלומר, תחזיקו אותו באצבע שקוע במים, שעה שבכוס השנייה תשימו פקק שעם בגודל שווה ותניחו לו לצוף במים באופן חופשי? האם יופר שיווי המשקל? ואם כן, באיזה צד תהיה הכוס כבדה יותר?

המאזניים ייטו לאותו הצד, שמשקעים את הפקק בתוך המים. בצד זה, כובדה של הכוס גדל בשיעור השווה בדיוק למשקל המים, שנדחו על ידי הפקק. ואילו לכוס המים השנייה נוסף רק כובד משקלו של הפקק עצמו.

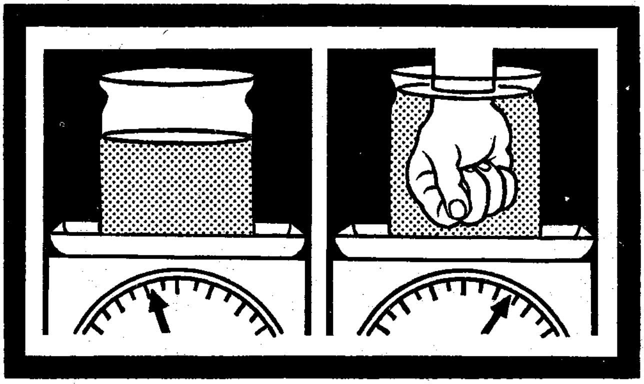
120 סוד מפלסי המים



שימו מטבע של לירה (או כל מטבע גדול אחר) בקופסת גפרורים ותנו לקופסה לצוף בכוס מים. סמנו בדופן הכוס את מפלס המים. האם יעלה המפלס, או שמא ירד, כאשר תוציאו את המטבע מתוך הקופסה ותשקעו אותו במים לחוד? חשבו היטב!

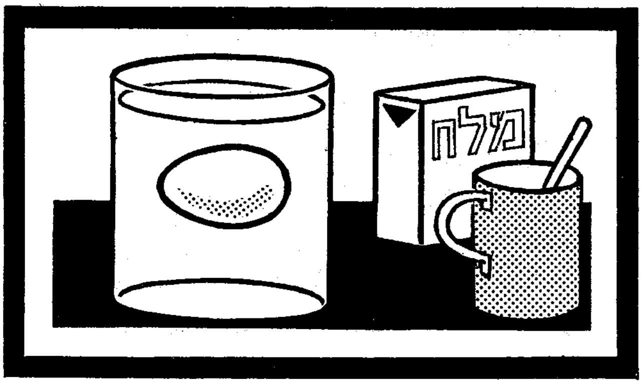
ובכן, פני המים יירדו: המטבע כבד כמעט פי עשרה מן המים ועל כן, בהיותו נתון בתוך הקופסה, חלק ניכר ממנו יהיה שוקע במים. עקב נפחה הגדול יותר דוחה הקופסה כמות מים, העולה פי עשרה על כמות המים שדוחה המטבע לבדו. הרי המטבע, על אף משקלו הרב, תופס במים מקום הרבה יותר קטן מן הקופסה, כלומר, הוא דוחה כמות הרבה יותר קטנה של מים. ברגע שמוציאים מתוכה את המטבע, הקופסה הקלה עולה כולה על פני המים, המים ממלאים את המקום המתפנה והמפלס יורד.

121 למי האגרוף היותר גדול?



שימו על מאזניים כלי, שגובהו 15 ס"מ לפחות, מלאו אותו מים כדי שני שלישים, ורשמו את משקלו. טבלו בו אגרוף, בלי לנגוע בכלי ובלי לשפוך מים. על פי הפרשי המשקל תוכלו לקבוע בדרך זו את נפח האגרוף, כלומר, את גודלו.
כפי שידוע לנו מניסויים קודמים, המאזניים יורו על תוספת משקל בשיעור משקלה של כמות המים שנדחתה על ידי האגרוף. מאחר שבטמפרטורה של 4 מעלות צלסיוס ליטר אחד של מים משקלו 1000 גרם וקיבולו 1000 ס"מ מעוקבים — משקלו של ס"מ מעוקב מים הוא גרם אחד. אם יורו המאזניים על תוספת משקל של 300 גרם, כי אז פירוש הדבר, שלאגרוף נפח של 300 ס"מ מעוקבים. אם ישתתפו בניסוי זה כמה חברים, יוכלו למדוד ולקבוע למי האגרוף היותר גדול.

122 ביצה מרחפת



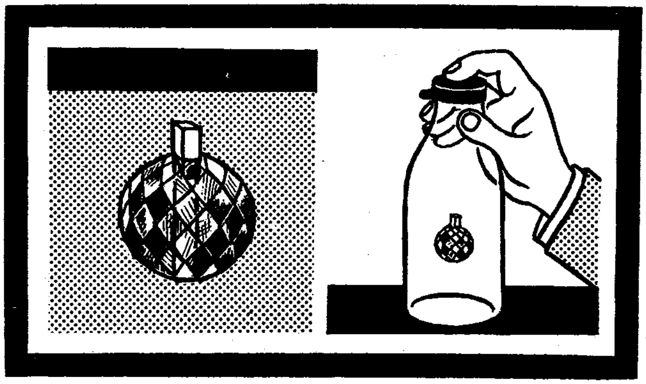
מלאו כוס רחבה (או צנצנת) מים כדי מחציתה והמסו במים כמות ניכרת של מלח. צקו לתוך הכוס (בזהירות רבה, בעזרת כף, כדי ששני הנוזלים לא יתערבבו!) כמות שווה של מי ברז. אם תשימו לתוך הכלי ביצה, היא תרחף כמכושפת באמצע הכוס.
היות והביצה כבדה ממי הברז אך קלה יותר ממי מלח, היא שוקעת רק עד למחצית גובה הכוס וצפה על פני מי המלח. אפשר להחליף את הביצה בתפוח אדמה בלתי מבושל. אם בוחרים בתפוח אדמה מוארך ומתקינים בו עיניים וסנפירים מנייר צלופן צבעוני — הרי לפניכם דג-קסמים.

123 מחול כדורי הנפטלין

מלאו צנצנת במים, והוסיפו מעט חומץ ואבקת סודה לשתייה. צבעו כמה כדורי נפטלין בעפרונות צבעוניים בגוונים שונים וזרקו אותם לתוך האמבטיה התוססת. אחרי שעה קלה יתחילו הכדורים לרקד בעליצות בתוך הנוזל.

כדורי הנפטלין כבדים במקצת מן המים ועל כן הם שוקעים אל קרקעית הכלי. שני החומרים שהוכנסו למים, מתחברים בתהליך כימי, שבו משתחררת תחמוצת פחמן. תחמוצת זו נצמדת בצורת שלפוחיות קטנות אל כדורי הנפטלין ומרימה אותם אט אט אל פני המים. שם מתפזרות השלפוחיות באוויר, הכדורים חוזרים וצוללים והמשחק מתחיל מחדש.

124 החרוז הצולל



נעצו גפרור כ-2 ס״מ לתוך החריר של חרוז-פלאסטיק. קחו בקבוק, מלאו אותו מים ושימו בו את החרוז, לאחר שקיצרתם את הגפרור, כך שקצהו רק יציץ מעט מעל פני המים. סגרו את הבקבוק בסגר-פלאסטיק ולחצו באצבע על הסגר. אם תגבירו ותרפו את הלחץ לסירוגין, חרוז הפלאסטיק יצלול ויעלה חליפות מטה מעלה וחוזר חלילה.

פלאסטיק כבד אך במעט ממים. חתיכת העץ והאוויר המצויים בחרירו של החרוז, מעניקים לו כוח עילוי, שדי בו בדיוק לאפשר לו, לצוף במים. המים מוליכים את לחץ האצבע אל החרוז, ושם הוא גורם את דחיסת האוויר הסגור בתוך החריר. עקב כך פוחת כוח העילוי של החרוז והוא צולל אל קרקעית הבקבוק. עם הרפיית הלחץ ישוב ויעלה אל פני המים.

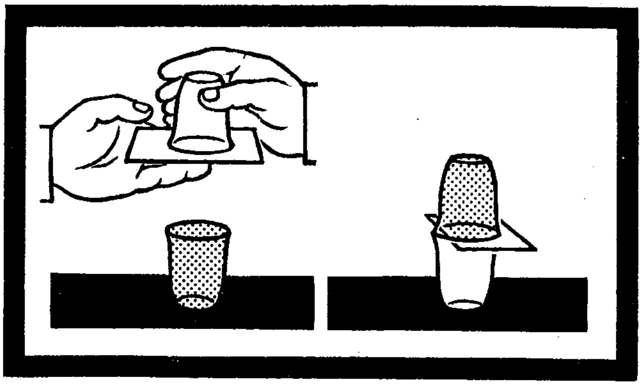
125 צוללת בבקבוק

חתכו בצורת ספינה חתיכה מקליפת תפוז עבה, ציירו עליה בעט כדורי אשנבים, שימו אותה בבקבוק מלא מים וסגרו בסגר פלאסטי. אם תלחצו באצבע על הסגר, הספינה תצלול ותעלה, בהתאם למידת הלחץ.

בקליפה הנקבובית מצויים כיסי-אוויר זעירים ואלה מעניקים לה את היכולת לצוף במים. לחץ האצבע על הסגר נמסר ועובר במים ובהגיעו אל הקליפה הוא פועל על כיסי האוויר ודוחס אותם במקצת. עקב כך פוחת כוח העילוי של הספינה והיא צוללת אל קרקעית הבקבוק. היות והשכבה הכתומה של הקליפה כבדה מן השכבה הלבנה, הספינה שטה במים במאוזן.

אם רוצים לצרף אל הצוללת גם "אנשי צפרדע" אחדים, אין קל מזה: שוברים כמה גפרורים מתחת לראשיהם וזורקים גם את הראשים לתוך הבקבוק. החומר, שראשי הגפרורים עשויים ממנו, אף הוא נקבובי ואוצר בתוכו כיסי אוויר זעירים, והם מגיבים על לחיצת האצבע בדיוק כמו קליפת התפוז וכמוה גם הם מפסידים כוח עילוי וצוללים אל הקרקעית.

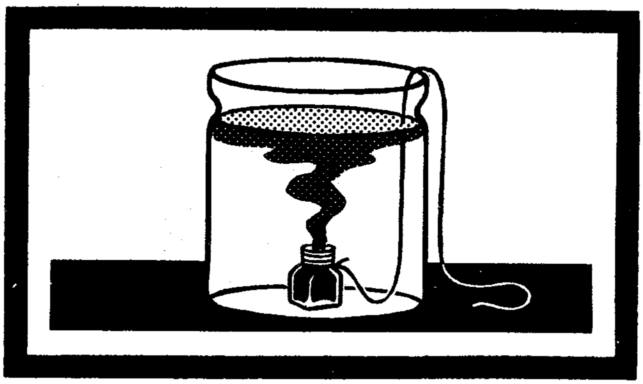
126 כוח העילוי של הכוהל



קחו שתי כוסיות שוות. מלאו אחת עד שפתה מים ואת השנייה ברנדי. כסו את הכוסית המלאה מים בקלף-משחק ושימו אותה במהופך על כוסית הברנדי. הזיזו את הקלף במקצת, כך שבשולי הכוסיות ייווצר פתח, שדרכו יוכלו שני הנוזלים להתערב. תוך זמן קצר הנוזלים התחלפו, הברנדי יעבור כולו אל הכוסית העליונה, ואילו המים יעברו אל הכוסית התחתונה.

היות והכוהל קל מן המים, הברנדי נמשך כלפי מעלה והמים יורדים. כך נוצרים שני זרמי נוזלים העוברים זה בצד זה בכיוונים הפוכים, כמעט בלי להתערבב זה בזה.

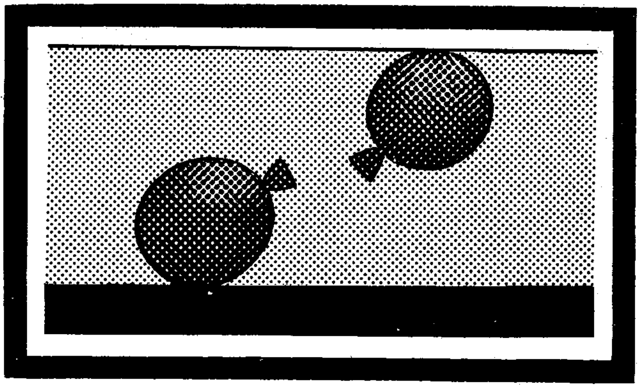
127 הר געש מתחת לפני המים



מלאו בקבוק קטן מים חמים מאוד עד שפתו, וצבעו את המים בדיו. שקעו את הבקבוק בעזרת חוט בצנצנת מלאה מים קרים. כמו מתוך לועו של הר געש יעלה וייתמר מן הבקבוק ענן צבעוני, שיתפשט על פני המים.

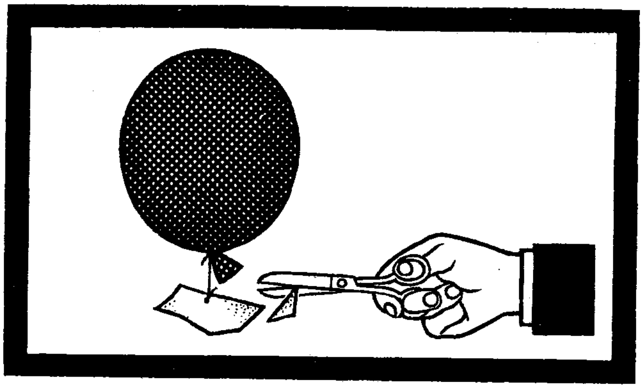
למים חמים כוח התפשטות גדול משיש למים קרים, מפני שבגלל החימום מתרחבים המרווחים שבין חלקיקי המים, לכן הם קלים יותר והפחתת משקלם מפעילה בהם את כוח העילוי. רק אחרי שעה ארוכה, כאשר המים החמים והקרים יתערבבו, צבע הדיו יתפזר בהם באופן שווה.

128 חידת הבלונים



שני בלונים ממולאים מים וסגורים היטב (שימו לב, שלא יישארו בהם שלפוחיות אוויר) שרויים בתוך אמבטיה או בגיגית מלאה מים קרים. חבריך ישתוממו וישאלו אותך, מה קורה כאן? מדוע בלון אחד שוקע לתחתית שעה שהאחר צף על פני המים?
ובכן, פתרון החידה הוא, שאת הבלון הראשון מילאנו מים קרים ואילו את השני — מים חמים. כאמור, עקב התפשטותם, המים החמים קלים מן המים הקרים. על כן הבלון הממולא מים חמים יצוף, עד אשר המים שבתוכו יצטננו. משום כך יש לזכור: אם ברצונכם, שהלהטוט יצליח — אל תניחו לחבריכם להתבונן בבלונים זמן רב מדי.

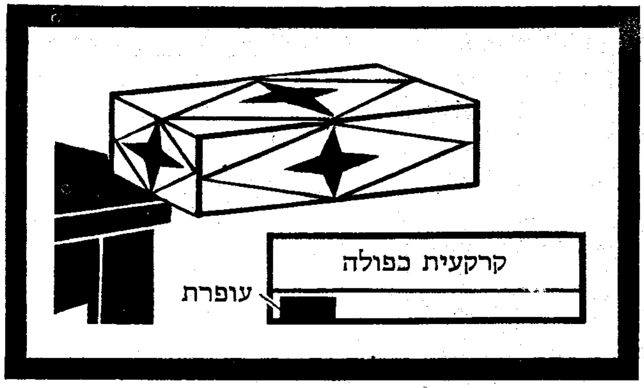
129 הבלון המכושף



קחו בלון ממולא גז (מן הסוג הפורח באוויר, והנמכר באתרי שעשועים), הכבידו אותו בפיסת קרטון, הקשורה אליו בחוט. גזרו ממנה במספריים גזרים קטנים, עד שהבלון יתרומם פתאום. הוא יעלה עד לנקודה מסויימת ושם ייעצר ויוסיף לרחף בחלל החדר בלי למוש ממקומו, כאילו היה מכושף.
האוויר בחדר מתחלק לשכבות בעלות טמפרטורה שונה. ככל ששכבת אוויר קרובה אל הרצפה, היא קרה וכבדה יותר, וככל שהיא קרובה אל התקרה היא חמה וקלה יותר. הבלון עם משקולת הקרטון שלו נעצר באוויר באותה השכבה, שמשקלה בדיוק כמשקלו.

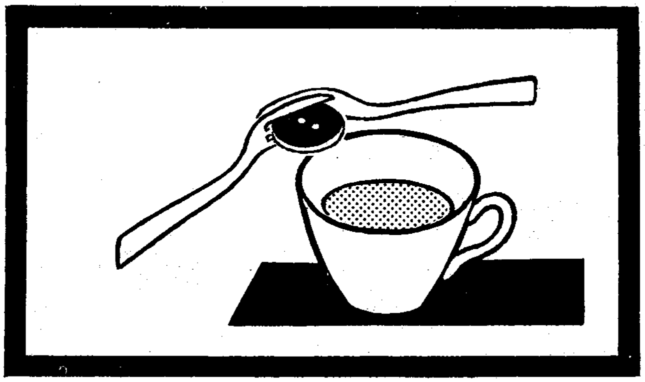
כוח הכובד ושיווי המשקל

130 המשקולת ושיווי המשקל



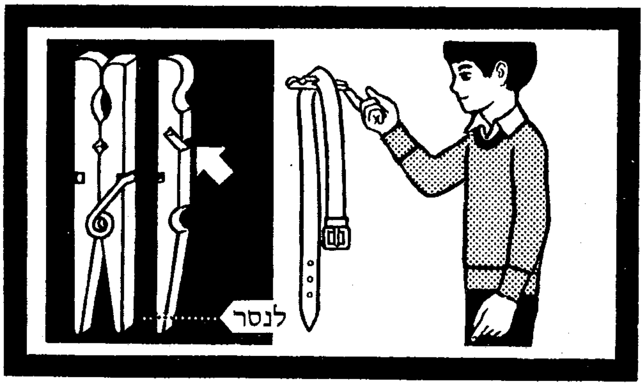
קחו קופסה, התקינו בה — בעזרת דבק או נייר דבק — קרקעית כפולה והטמינו בחלל התחתון, באחת הפינות, משקולת עופרת (או אבן). אם תציבו את קצה הקופסה על השולחן, כך שתישען עליו הפינה, שהמשקולת טמונה בה, אף על פי שרובה הגדול של הקופסה תלוי על בלימה — היא לא תיפול.
לכל גוף יש מרכז-כובד. תודות לכוח הכובד — כלל כמותו של כל גוף (מאסה) נמצאת במצב של שיווי משקל. בגוף סימטרי כמו קופסה רגילה, מרכז הכובד נמצא בדיוק באמצע. לפיכך ניתן היה לצפות, שהקופסה תיפול ארצה, מפני שרק חלק קטן ממנה נשען על השולחן. אולם המשקולת מונעת זאת: משקלה מעתיק את מרכז הכובד מן האמצע אל הפינה, כלומר, אל נקודה הנשענת על לוח השולחן.

131 הכפתור הלוליין



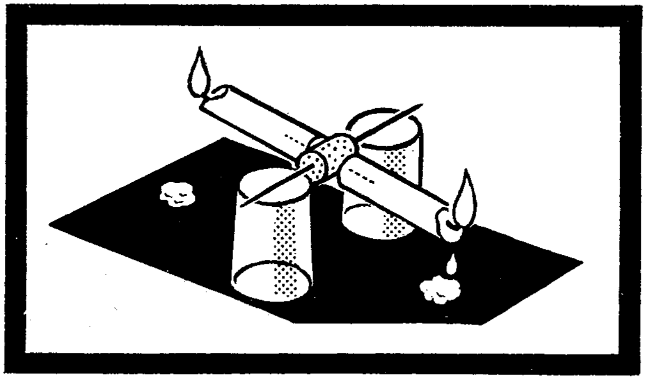
אם תניחו כפתור על ספל בצורה כזאת, שרק שולי הכפתור יישענו על שפת הספל, מובן, שהכפתור יפול מיד. לא כל שכן, איש לא יעלה על דעתו שהכפתור עשוי להישאר בתנוחה זו על שפת הספל, אם תחברו אליו משקל נוסף. ואף על פי כן הדבר אפשרי! אם תתקעו בכפתור — מזה ומזה — שני מזלגות קטנים (לעוגות) ותניחו אותו על שפת הספל, הוא ישאר בתנוחה זו ולא יפול.
המזלגות כבדים במיוחד בקצות ידיותיהם ובהיותם גם מעוקלים במקצת, הם חובקים את צדי הספל. תודות למבנה זה, מרכז הכובד מועתק אל אותו תחום צר, שהכפתור נשען בו על שפת הספל ונוצר שיווי משקל.

132 קורה מרחפת



לא ייאמן כי יסופר ! תוכלו לאזן על קצה האצבע קצה מקלון של אטב-כביסה, שחגורת-עור תלוייה בו. למראה ניסוי זה נדמה שכוח-הכובד בטל ומבוטל. הסוד כולו טמון בחתך אלכסוני צר, שיש לנסר במקלון. קצות החגורה הנעוצה בחתך זה נוטים, בגלל כיוונו האלכסוני, הצדה, כך שמרכז הכובד של המקלון והחגורה יימצא מתחת לנקודת המשען בקצה האצבע, ועל ידי כך נוצר שיווי המשקל המפליא.

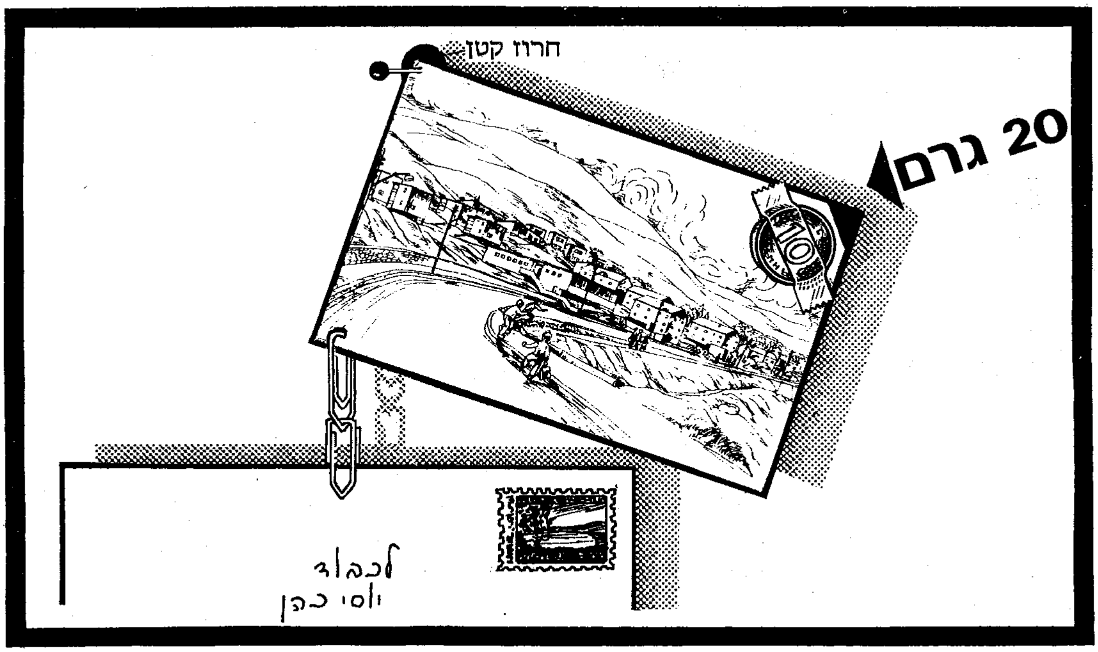
133 נדנדת-נרות



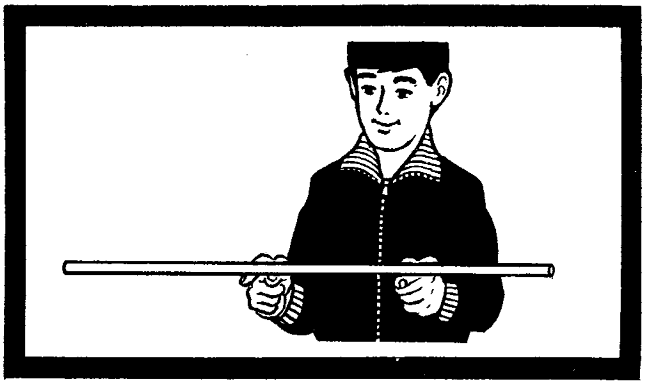
תקעו מחט ארוכה לרוחבו של פקק, כדי שקצות המחט יזדקרו משני הצדדים באורך שווה. נקבו את הפקק לאורכו והעבירו בו מסרגה. הלבישו על שני קצות המחט נרות שווים בגודלם והניחו את קצות המסרגה על שתי כוסות הפוכות. שני הנרות נמצאים עתה במצב מאוזן, אך אם תדליקו אותם, יתחילו להתנדנד, מעלה מטה, כמו נדנדה. לפני הדלקת הנרות, מרכז הכובד של הנדנדה נמצא בדיוק בצידו של הפקק. אולם ברגע, שבאחד הצדדים נושרת טיפת סטיאַרין, מרכז הכובד מועתק לצד שכנגד. במלים אחרות : הפסד הטיפה בצד אחד יוצר משקל-יותר בצד השני ולכן נוטה בו הנר כלפי מטה ; אך היות והנרות מטפטפים חליפות, גם מרכז הכובד מועתק חליפות מצד אל צד וכך נוצרת תנועת הנדנדה.

134 מאזני מכתבים

קחו גלוייה מצויירת, הדביקו אל פינתה העליונה מימין מטבע של 10 אגורות, וחברו אל הפינה שלמטה, ממול, שני מהדקים. השחילו את הגלוייה בפינה השמאלית העליונה על סיכה ארוכה, השחילו מאחוריה חרוז קטן, ונעצו אותה בדופן-עץ מאונך כלשהו (הקפידו שהגלוייה תסתובב בחופשיות על ציר-הסיכה שלה). בזה כמעט הושלמה מלאכת התקנתם של מאזני-מכתבים פשוטים אך יעילים לבדיקת משקלו של מכתב. כידוע, משלוח מכתבים על פי התעריף הרגיל מוגבל למשקל מירבי של 20 גרם. על כן, אם המכתב ארוך מאוד (או שמצורפת אליו תמונה) יש לגשת לבית הדואר, לשם שקילה, שמא המכתב כבד מדי ויש לבייל אותו בבולים נוספים. מאזני המכתבים שהתקנתם יחסכו טרחה זו. כל מה שיש עוד לעשות, הוא, להכין מכתב שמשקלו 20 גרם בדיוק. אם תתלו אותו על המהדקים, הפינה הימינית העליונה של הגלוייה, הממלאת תפקיד של מחוג, תנוע בקו סיבובי עד לנקודה מסויימת ותיעצר. יש לסמן בחץ על דופן העץ את המקום, שבו נעצרה. אם בשעת השקילה תנוע פינת הגלוייה מעבר לחץ — משקל המכתב עולה על 20 גרם והוא כבד מכדי להישלח על פי התעריף הרגיל.
כמו כל מאזני המכתבים, גם מתקן פשוט זה מצוייד במנוף דו-זרועי, הנע סביב ציר סיבוב (הסיכה). צדה השמאלי, הקצר, של הגלוייה מהווה את זרוע-המשא, בעוד הצד העליון ממלא תפקיד של זרוע-הכוח ובהיותה ארוכה יותר, היא מורה אפילו הבדלי משקל דקים.



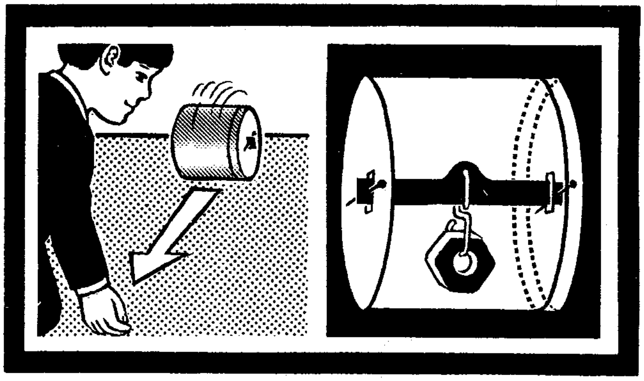
135 מטה קסמים



הניחו מקל על שתי אצבעות, כך שקצה אחד יזדקר יותר מן האחר. אם תזיזו את האצבעות — שהן נקודות האחיזה של המקל — לעבר אמצעו, האם ייווצר בקצה הארוך משקל יתר והמקל יפול?

לא. ככל שתזיזו את האצבעות, המקל יישאר בשיווי משקל. כאשר בקצה אחד נוצר משקל-יתר, הרי בקצה זה המקל, פשוט, מכביד יותר על האצבע התומכת בו, ואילו האצבע השנייה, שמשאה קל יותר, יכולה עתה לזוז קדימה, עד שהמקל שוב נמצא בשיווי משקל. תודות לשיתוף פעולה בין כוח הכובד והחיכוך חוזר ונשנה תהליך זה, עד שהאצבעות נפגשות בדיוק מתחת לנקודת האמצע של המקל.

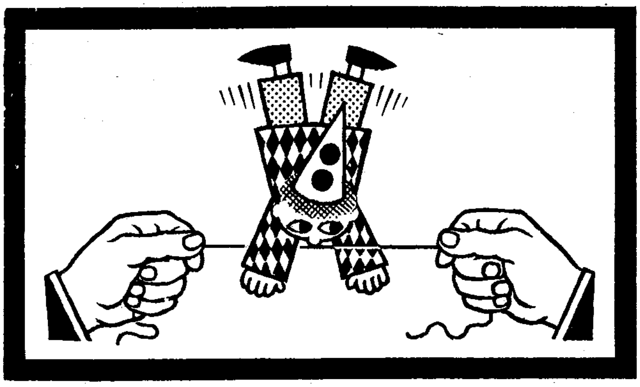
136 קופסת-בומראנג



התקינו באמצע התחתית והמכסה של קופסת-עוגיות חריץ באורך ס"מ 1. השחילו בחריצים סרט גומי באורך מתאים לגובה הקופסה, מתחו וחזקו את הסרט מבחוץ בסיכה מזה ומזה. סרט הגומי חייב להיות מצוייד באמצעו במעין לשון (ראו תמונה). אפשר להשתמש בטבעת גומי לאיטום צנצנות ריבה או לגזור את הסרט מפנימית ישנה של צמיגי אופניים או כדורגל. לפני כן מחברים אל סרט הגומי, באמצעות מהדק, משקולת כלשהי, שמשקלה 50 גרם. אם תגלגלו את הקופסה הסגורה מרחק של מטרים אחדים, היא תשוב ותתגלגל חזרה כלפיכם.

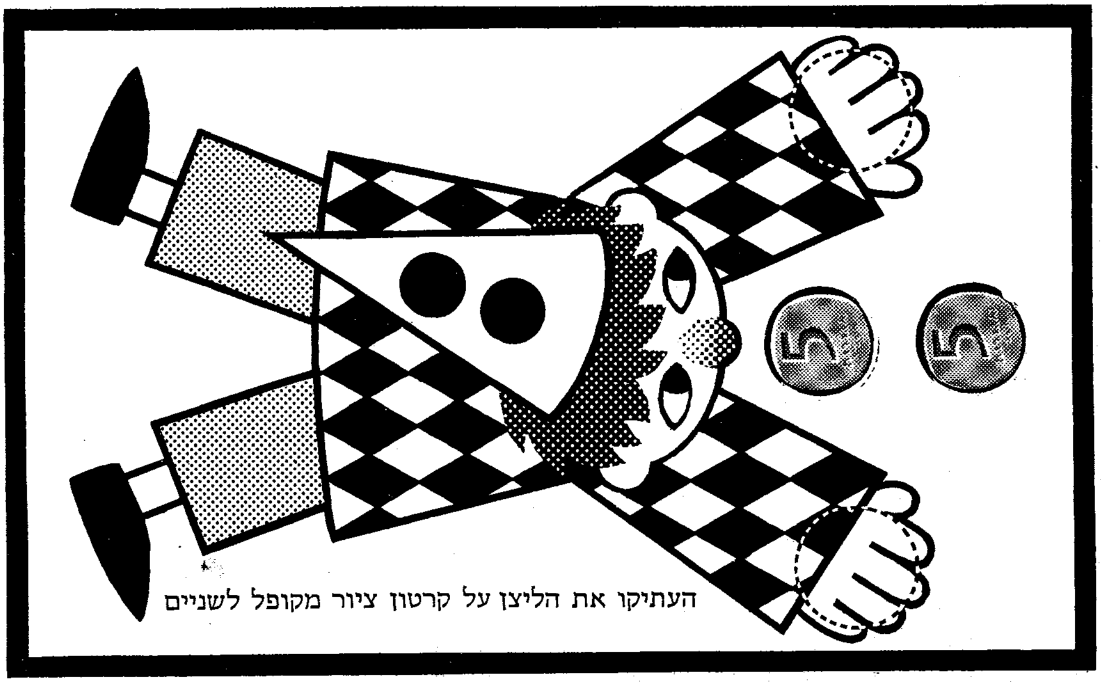
כוח הכובד גורם, שהמשקולת אינה משתתפת בתנועת הגלגול. בשל כובדה היא נשארת תלוייה במאונך, ועם כל סיבוב מסובבת את סרט הגומי. המתח גורם לתנועה לאחור.

137 מפגן אקרובאטיקה



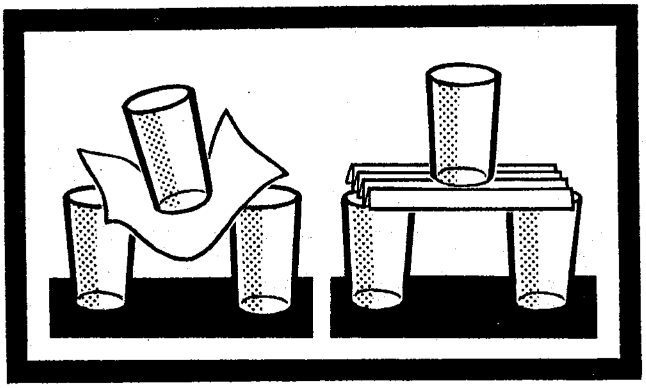
העתיקו את הליצן שבתמונה למטה על קרטון ציור מקופל לשניים. גזרו, צבעו בצבעים עליזים והדביקו את שתי הדמויות התאומות זו אל זו. לפני שתדביקו את כפות הידיים, הכניסו בכל יד, בין שתי השכבות, מטבע של 5 אגורות. עתה הכל מוכן למפגן האקרובאטיקה: ואכן, על חודו של עיפרון, על קצה האצבע או על חוט מתוח, בכל מקום יבצע לוליין הנייר הקטן שלנו את להטוטיו.

כל מי שיצפה במופע זה יתמה: כיצד אין הליצן נופל, למרות שלחלקו העליון הגדול יותר, יש בוודאי, משקל יתר? ואמנם למראית עין כן הוא, אך למעשה, שני המטבעות הסמויים, מעתיקים את נקודת הכובד של הליצן אל מתחת לחוטמו, כך שדווקא בהישענו על החוטם הוא נתון בשיווי משקל.



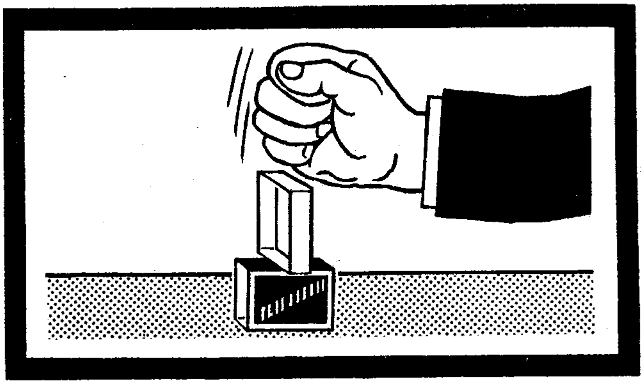
טכניקה והרכבת כוחות

138 גשר-נייר



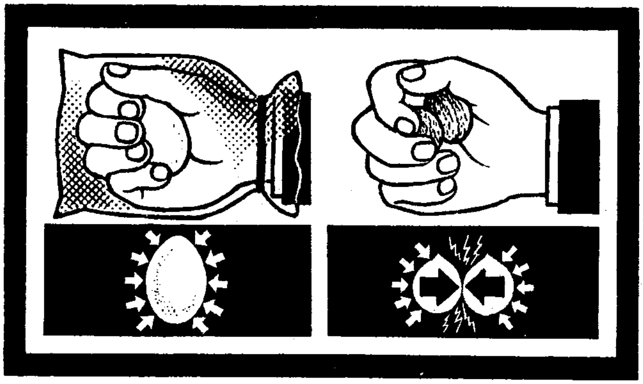
נסו לשים גליון נייר כגשר בין שתי כוסות, ולהעמיד עליו כוס שלישית; והנה — טראך — הגשר מתמוטט! אך אם תקפלו את הנייר קפלים קפלים, הוא ישא את משא הכוס.
דפנות הניצבים במאונך, או בשיפוע, רגישים ללחץ הרבה פחות ממשטחים מישוריים. משא הכוס מתחלק על כמה וכמה דפנות משופעות, המעניקות למבנה הנייר יציבות רבה. עיקרון זה, מנוצל בטכניקה בצורות שונות כמו, למשל, בפח גלי ובאסבסט גלי לצורכי בנייה.

139 הקופסה הבלתי שבירה



שימו על השולחן את נרתיקה של קופסת גפרורים ועל צדו הצר, המחוספס, העמידו את מגירתה. מן הסתם, יחשוב כל אדם שיוכל לנפץ את מגירת הקופסה במכת אגרוף אחת. נסו לעשות כן — כמעט תמיד היא תעוף בקשת רחבה ותנחת אי שם בחדר — אך לא תישבר.

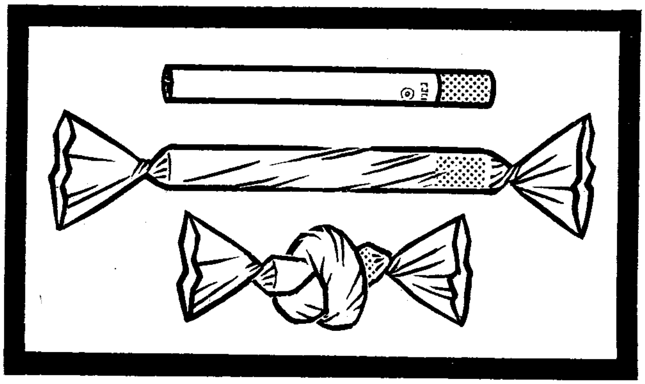
דפנותיה המצופות שכבת נייר, מעניקות למגירה של קופסת גפרורים יציבות מספקת, כדי שתוכל להעביר את לחצה של מכת האגרוף הלאה, אל הנרתיק, בלי שתישבר; ואילו הנרתיק — גם הוא יישאר שלם, בדרך כלל. תודות לעובדה, שעל פי רוב דפנותיו אינן ישרות לגמרי, יוכל לחמוק הצדה ולא יספוג את מלוא מחץ המכה.



140 הביצה והאגוז

מי מוכן להתערב, שקל יותר לפצח אגוזים מלשבור ביצה בלתי מבושלת? קחו ביצה שקליפתה מבריקה במקצת, הכניסו, ליתר בטחון, את היד עם הביצה לתוך שקית ניילון, ולחצו במלוא הכוח!

לחץ-המנוף של האצבעות מתחלק באופן שווה על כל שטח הביצה, ועל כן — אם הקליפה איננה פגומה — אין לחץ זה חזק די הצורך, לשבור אותה. ואכן, דפנות מקומרות יציבות להפליא. האדם מנצל סגולה זו, בין השאר, בבנין קמרונים וגשרים — ומאותה הסיבה עצמה גם מכוניות בנויות כך, שכמעט לא נמצא בהן משטחים מישוריים. לעומת זאת אפשר לפצח בקלות שני אגוזים ביד אחת, מפני שבמקרה זה מלוא לחץ היד מתרכז בנקודה אחת, היא נקודת המגע בין שני האגוזים.

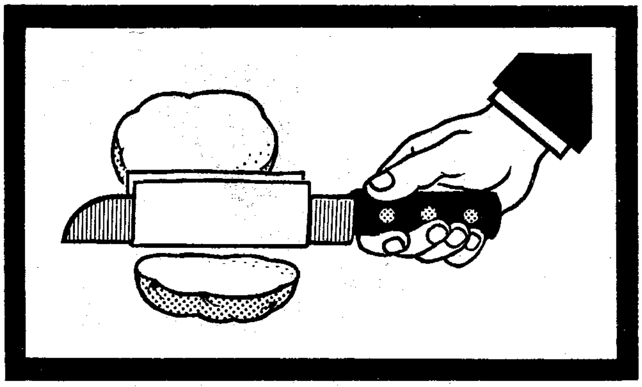


141 קשר בסיגריה

לא תאמינו — אבל עובדה, אפשר לעשות קשר בסיגריה: עטפו סיגריה בנייר צלופן (יש קופסאות סיגריות עטופות בצלופן, אך אפשר להשתמש גם בכל נייר צלופן אחר) וסובבו היטב את הקצוות. עתה תצליחו בלי בעיות לעשות קשר בסיגריה: היא לא תישבר.

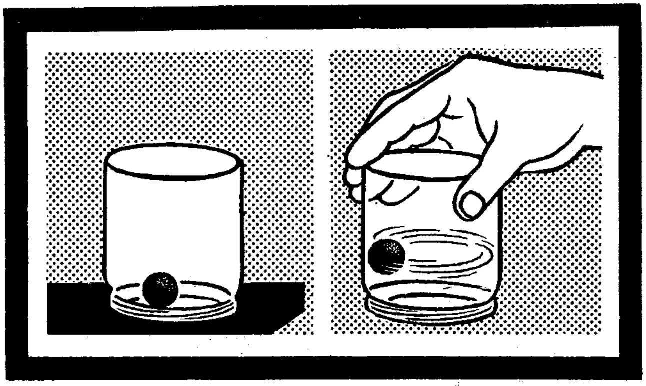
בלי עטיפת הצלופן, הסיגריה תיקרע מיד, מפני שבשעת הכיפוף, מילוי הטבק היה מבקע את הנייר בנקודה, שמירב הלחץ מתרכז בה. עטיפת הצלופן מונעת זאת, מפני שהיא מחלקת את הלחץ בפנים באופן שווה, על כל אורך הסיגריה. אחרי התרת הקשר והסרת עטיפת הצלופן, די להחליק את הסיגריה והיא כשירה לעישון. נא להשתמש בסיגריה ארוכה.

142 נייר חסין-חיתוך



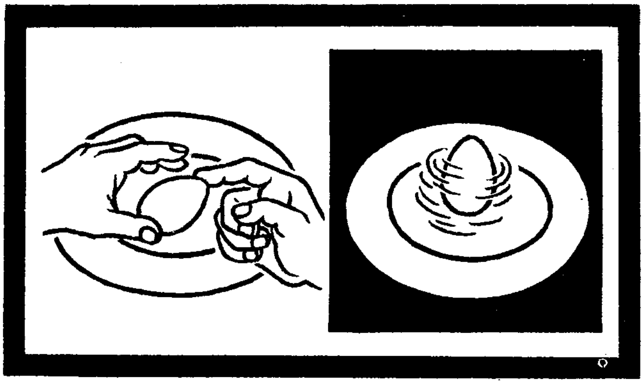
כרכו פיסת נייר סביב להב סכין. בסכין העטופה תוכלו לחתוך תפוח אדמה, בלי שהנייר יינזק.
הנייר חודר יחד עם להב הסכין לתוך תפוח האדמה, אך הנייר עצמו אינו נחתך, מפני שלחץ הלהב עליו נתקל בלחץ נגדי מצד תפוח האדמה. מאחר שבשרו של זה רך מסיבי הנייר, תפוח האדמה אינו עומד בלחץ ומתבקע. אולם אם אוחזים בנייר למעלה, בשוליו, ותחזיקו בו בשעת החיתוך, יתבטל הגורם של השתוות הלחץ ואז גם הנייר ייחתך.

143 מדוע אין הגולה נופלת?



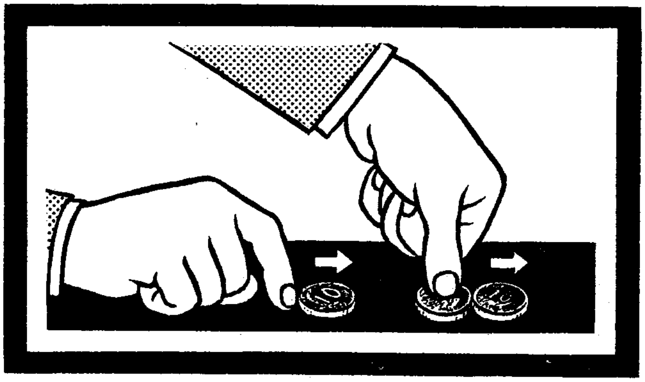
שימו על השולחן גולת-משחק והציבו עליה במהופך צנצנת של ריבה או כל כלי אחר שצורתו דומה — העיקר שפתחו יהיה צר במקצת מהיקפו (אם אין ברשותכם כלי מתאים עשוי חומר בלתי שביר, יש לנהוג בזהירות, בביצוע ניסוי זה!). אפשר לשאת את הגולה, בלי להפוך את הצנצנת כלפי מעלה, לכל מרחק שתרצו בלא שתיפול החוצה. כדי לזכות בהתערבות, כל שיש לעשות הוא, לאחוז ביד בקצה הצנצנת, למעלה, ולבצע בה תנועות סיבוביות, כך שהגולה תתחיל להסתובב בה במעגל. הכוח הצנטריפוגאלי, השואף להתרחק מן המרכז ופועל בכיוון ההיקף, ילחץ על הגולה ויצמיד אותה אל הדופן הפנימית של הצנצנת. עיקול הדפנות בצוואר הצנצנת מונע השלכת הגולה החוצה, ברגע שמרימים את הצנצנת מלוח השולחן.

144 ביצה כסביבון



קיימת שיטה פשוטה מאוד, להבחין בין ביצה שלוקה (קשה) לבין ביצה בלתי מבושלת: שימו ביצה על צלחת, אחזו בשני קצותיה וסובבו אותה כמו סביבון. אם הביצה מבושלת, היא תוסיף להסתובב. יתרה מזו: מאחר שנקודת הכובד שלה נמצאת בחצייה העבה יותר, היא אפילו תזדקף, כסביבון ממש.
לעומת זאת, הביצה הבלתי מבושלת לעולם לא תצליח להסתובב כראוי, כי תוכנה הנוזלי מונע זאת ממנה: אחר שהחלמון כבד מן החלבון, הוא נזרק בלחץ הכוח הצנטריפוגאלי מאמצע הביצה לעבר הקליפה. לפיכך התנועה הסיבובית נבלמת במידה כזאת, שהביצה רק תתנדנד בכבדות שלומיאלית, עד שתיעצר כליל.

145 כדורת מטבעות

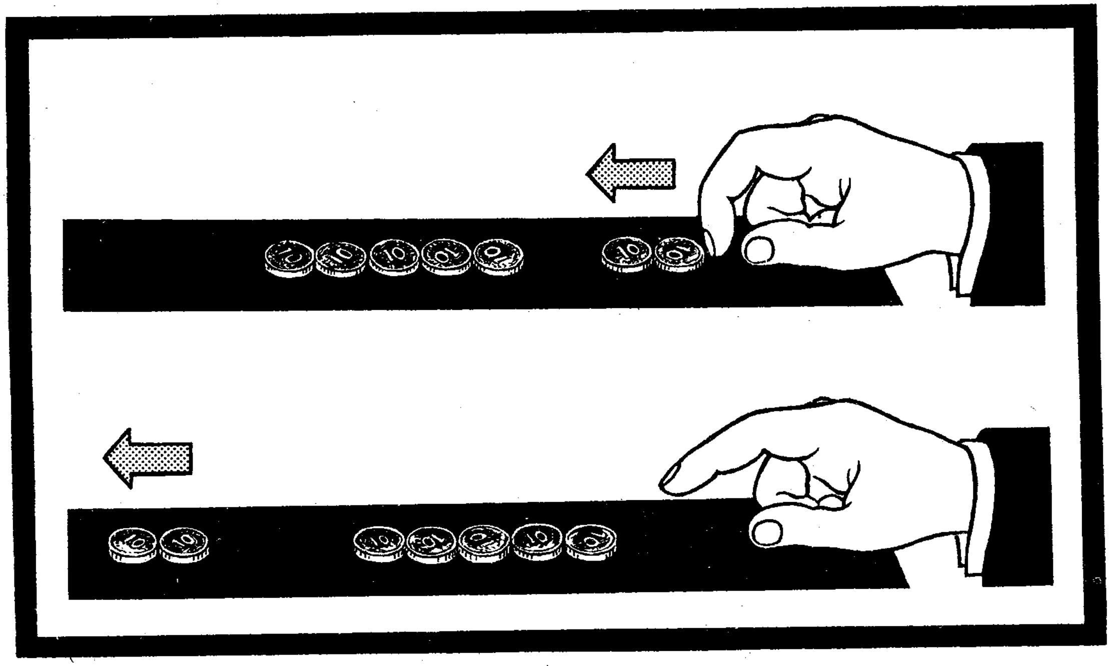


שימו על השולחן שלושה מטבעות בשורה, כששניים מהם נוגעים זה בזה. לחצו באגודל על המטבע האמצעי ודחפו לעברו בהנף אחד את המטבע המרוחק במקצת. המטבע הראשון בשורה ייהדף מרחק מה קדימה, למרות שהאמצעי מוצמד למקומו.
גופים מוצקים ניחנים במידה זו או אחרת של גמישות. לגבי פלדה, למשל, אפשר לעמוד על סגולה זו, כשמייצרים ממנה קפיצים. בניסוי שלנו, מתכת המטבעות מתכווצת קמעה, אך מיד היא קופצת חזרה, לצורתה הקודמת ותוך כך היא מעבירה את מחץ הדחיפה אל המטבע הסמוך לה.

146 התנהגות מפתיעה של מטבעות

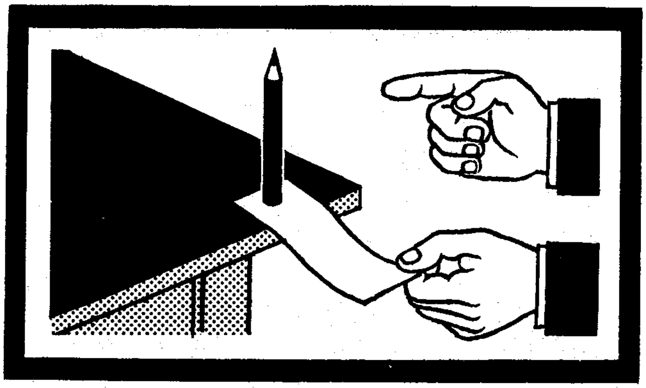
שימו על משטח מישורי שורה של מטבעות בני 10 אגורות, כך שיגעו זה בזה. בהמשך ישר לשורה אך במרחק-מה ממנה שימו מטבע נוסף. תנו למטבע הבודד סנוקרת, כדי שייהדף לעבר שורת המטבעות ויתנגש במטבע הראשון בשורה. מה יקרה? בקצה האחר יינתק מן השורה מטבע אחד ויחליק מרחק מה. חזרו על הניסוי, אך הפעם ירו בשורה שני מטבעות בבת אחת, כשהם ערוכים זה מאחורי זה. הפעם יינתקו בסוף השורה שני מטבעות. אם תעשו כן בשלושה מטבעות, גם בסוף השורה ייהדפו שלושה מטבעות וכן הלאה. ככל שתגבירו את תנופת הדחיפה, התוצאה לא תהיה שונה.

אכן, תוצאת ניסוי זה ממש מדהימה, ויש בה כדי להמחיש חוקים פיסיקאליים: בהתנגשות בין המטבעות נוצר דחף גמיש, שבעטיו, כמות של מאסה, השווה בדיוק לסך כל המאסה הדוחפת, ממשיכה את תנועתה של זו בקצה האחר של השורה. עוצמת הדחיפה תקבע רק, באיזו מהירות ולאיזה מרחק ייהדפו המטבעות לאחור, אך על המטבעות הנהדפים — אין לה כל השפעה.



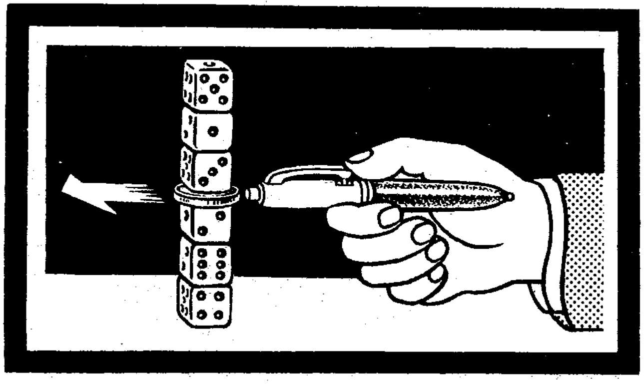
כוח ההתמדה

147 העיפרון שאינו נופל



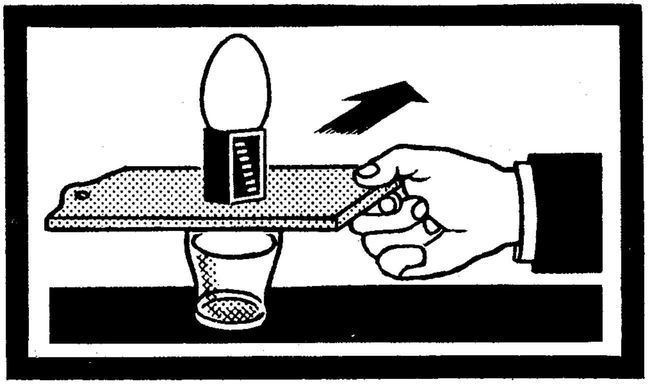
שימו פיסת נייר על קצהו של לוח שולחן חלק והעמידו עליה עיפרון. התצליחו להרחיק את הנייר בלי לנגוע בעיפרון ובלי להפילו? אם תמשכו את הנייר לאט לאט, אין ספק שהעיפרון יפול. הניסוי יצליח רק אם תשמיטו את הנייר מתחת לעיפרון במהירות הבזק, באופן שביד שמאל תחזיקו את קצהו ואילו באצבע ימין תכו בו מכה נמרצת וחדה.
כל גוף שואף להתמיד במצב המנוחה או התנועה, שהוא נתון בו. על כן, כאשר כוח כלשהו מאלץ אותו לשנות את מצבו, חולף זמן מסויים עד שהכוח הפועל עליו מתגבר על התנגדותו לשינוי המצב. מכת האצבע מהירה מכדי שתספיק להתגבר על התנגדות העיפרון לשינוי מצבו, ועל כן יישאר על עומדו ולא יפול.

148 מטמון במגדל



בונים מגדל מ-6 קוביות פלסטיק חלקות ומשבצים מטבע קטן באמצעיתו. תיווכחו, שהמגדל נוטה להתנדנד. כיצד, בכל זאת, להוציא את המטבע בלי לגעת בקוביות ובלי להפיל את המגדל? אפשר לעשות כן בעזרת עט כדורי בעל מתג קפיצי במיוחד. מחזיקים עם כדורי כזה, שמתגו לחוץ פנימה, במרחק-מה מן המטבע. משחררים את המתג. המטבע ייפלט מן המגדל. תנועת הקפיץ שבעט עוברת במהירות הבזק אל המטבע, אבל לא אל הקוביות החלקות, שכוח-החיכוך שלהן קטן ולעומת זאת כוח-ההתמדה שלהן גדול לפי משקלן.

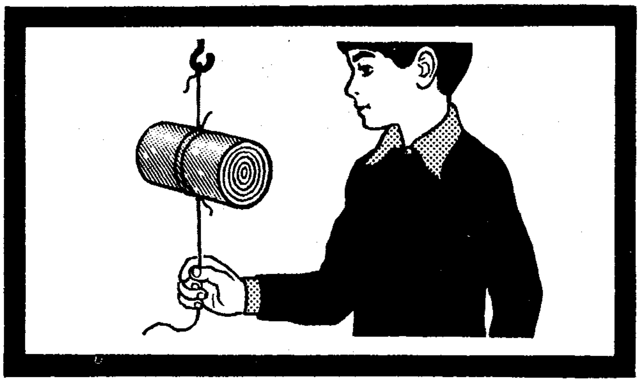
149 צלילת הביצה



הניחו על כוס או על קערית מלאה מים קרש-מטבח קטן. העמידו על הקרש את נרתיקה של קופסת גפרורים ועליו ביצה בלתי מבושלת. התוכלו, בלי לנגוע בביצה להעביר אותה לתוך הכוס? משכו בתנועת בזק את הקרש לצד (ראו תמונה) — והביצה תצלול במים.

בהתאם לכובד הביצה, כוח ההתמדה שלה גדול דיו למנוע אותה מלהיסחף עם התנועה המהירה. לא כן הקופסה: בגלל משקלה הקל גם כוח ההתמדה שלה זעום. על כן היא תועף הצדה ולא תהווה מכשול לביצה הצוללת.

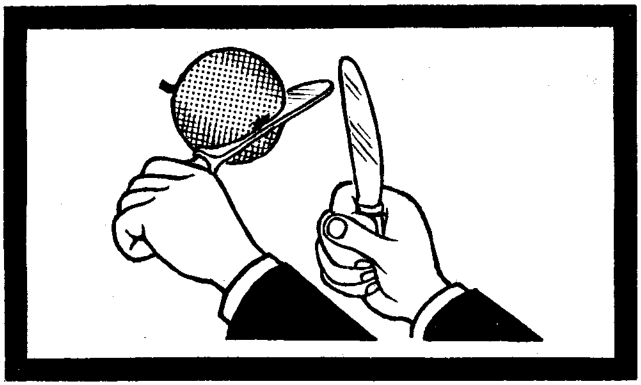
150 איזה חוט ייקרע?



קחו שני חוטים בחוזק שווה, וכרכו אותם סביב בול עץ (או חפץ כבד אחר כלשהו). קשרו היטב באמצע, ששני הקצוות יהיו ארוכים למדי וישתלשלו משני צדי הבול, מזה ומזה. תלו את בול העץ על אחד הקצוות ומשכו בחוזקה בקצה החוט האחר: איזה משני החוטים ייקרע?

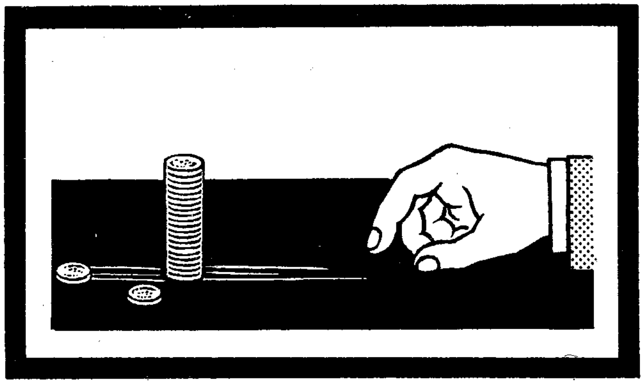
אם מושכים לאט, גורמת המשיכה — בתוספת משקלו של החפץ — לקריעת החוט העליון. אך אם מושכים בתנועה חדה ומהירה, כוח ההתמדה של בול העץ ימנע מן הכוח שמפעילים במשיכה לעבור במלואו אל החוט העליון. במקרה זה ייקרע החוט התחתון.

151 התפוח החתוך



חתכו בסכין תפוח לאורכו, חתך עמוק דיו, שעם הרמת הסכין, התפוח יישאר צמוד אל הלהב ולא יפול. עתה הקישו בגב הלהב של סכין אחרת בלהב הנעוץ בתפוח. אחרי נקישות אחדות התפוח ייחתך לשניים בכוחות עצמו.
גם תופעה זו מבוססת על פעולתו של כוח ההתמדה, שעל קיומה כבר עמד במאה ה-16 חוקר הטבע האיטלקי המפורסם גאליליי. כוח זה מונע מן התפוח לנוע יחד עם תנועותיה המהירות והקטועות של הסכין. מאחר שהוא נשאר במקומו, הסכין מעמיקה לחדור לתוך בשרו עד שהוא נחצה כליל.

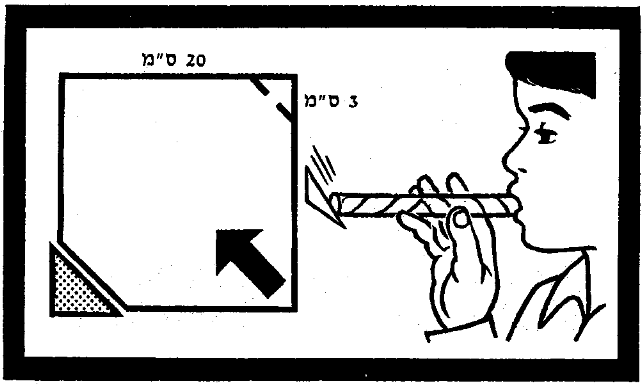
152 מטווח-מטבעות



שימו על שולחן חלק, זה על גבי זה כ-20 מטבעות של 10 אגורות. כיצד תוכלו להוציא את המטבעות מלמטה אחד אחד, בלי לנגוע בהם? קחו מטבע נוסף של 10 אגורות, הניחו אותו על השולחן במרחק מה מעמוד המטבעות, ותנו לו סנוקרת נמרצת, שיפגע בדיוק במטבע התחתון של המגדל. אם תיטיבו לקלוע, המטבע התחתון יידחף החוצה ויחליק מרחק מה על גבי השולחן, בלי שמגדל המטבעות יתמוטט.
בדרך זו אפשר לפרק את כל עמוד המטבעות בלי לנגוע בו באופן ישיר. מדוע? מפני שכוח ההתמדה של עמוד המטבעות גדול עד כדי כך, שמחץ המטבע הפוגע בו אין די בו לזעזע אותו עד כדי התמוטטות.

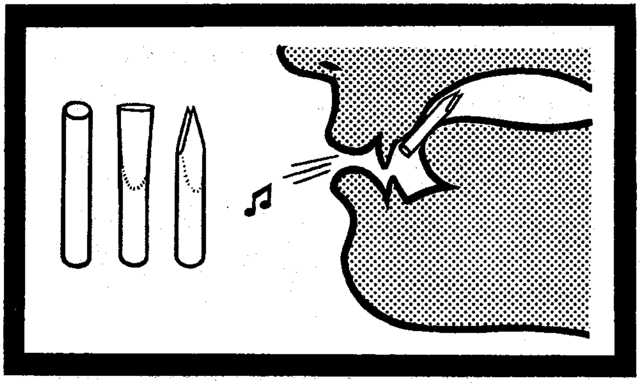
גלי הקול

153 חלילית נוהמת



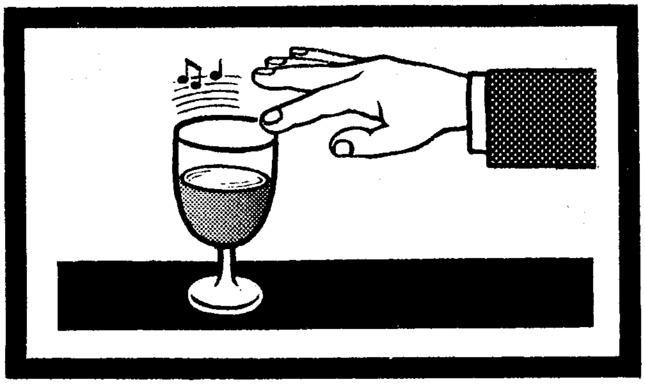
קחו גליון נייר שווה-צלעות, גזרו אחת מפינותיו ובפינה שממול עשו שני חתכים (ראו תמונה), גלגלו את הנייר בכיוון החץ לגליל דמוי עיפרון וכופפו את הפינה עם החתכים לעבר הפתח. אם תשימו אל פיכם את קצהו האחר של הגליל ותשאפו אוויר מלוא הריאות, תשמיע חלילית הנייר קול נהימה.
זרם האוויר הנשאף לתוך החלילית מרעיד את זווית הנייר שבפתחה. רעידה זו מתפשטת באוויר ומעוררת בו תנודות גליות, הם גלי הקול. מאחר שקצב התנודות איטי למדי, נמוך הצליל הבוקע מן החלילית.

154 קשית השתייה המוסיקאלית



חתכו מקשית-שתייה קטע באורך כ-2 ס"מ וחדדו אחד הקצוות. אם תכניסו את הצינורית הקטנה לתוך הפה, כשהיא צמודה אל החיך, ותנשפו אוויר, יבקעו מן הפה קולות שונים ומשונים.
האוויר החולף בתוך הצינורית מרעיד את הקצוות החדים שלה בקצב מהיר מאוד. עקב מהירות התנודה, הקולות הנשמעים גבוהים יחסית. כלי נגינה רבים מבוססים על עיקרון פשוט זה.

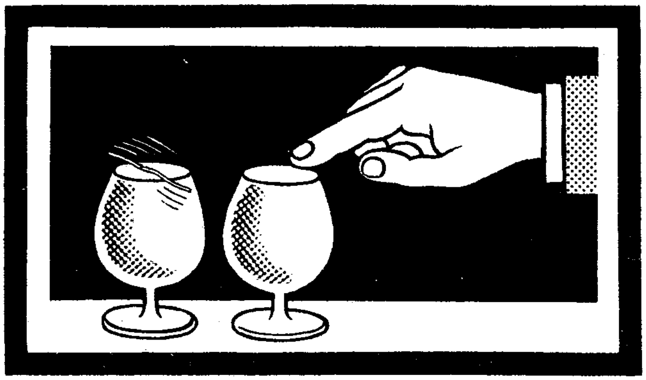
155 עוגב-מים



מלאו כוס דקת-דופן כמחציתה מים. אם תטבלו את האצבע במים ותעבירו אותה לאט על שפת הכוס, יישמע צליל מתמשך, ערב להפליא.

ניסוי זה יצליח רק אם לפני כן רוחצים את האצבע היטב, על מנת שתוסר ממנה כל שמנונית. כך, כשחיספוסי העור גלויים, אז האצבע לא תחליק על פני שפת הכוס אלא "תיטלטל" עליה ותוך כדי חיכוך תנחית על הזכוכית דחיפות מזעריות. דחיפות אלו מרעידות את הכוס, ורעידות אלו יוצרות את הצליל המתמשך המגיע לאוזניכם. גובה הצליל תלוי בכמות המים שבכוס. התנודות של גלי הקול מצטיירות בבירור על פני המים.

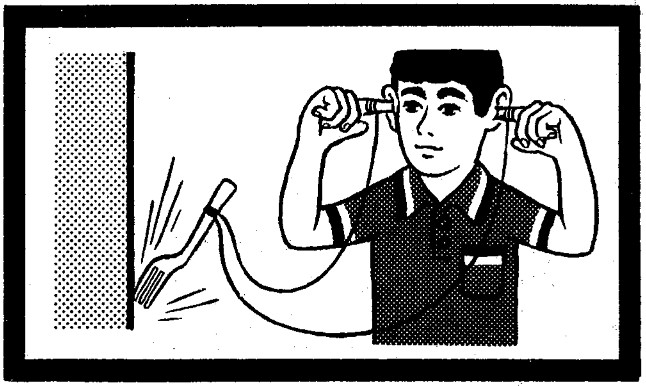
156 העברת-קול



יש באפשרותכם להרחיב את הניסוי הקודם: הציבו במרחק 2 ס"מ זו מזו שתי כוסות זהות, דקות דופן, והעבירו אצבע רחוצה היטב ורטובה על גבי שפתה של אחת מהן. בעשותכם כן, יישמע קול התייפחות רם. למרבה הפליאה הכוס השנייה מתלווה אל תנודותיה של הכוס הראשונה. אם תשימו עליה חתיכת תיל דק, הוא ירטט.

תנודותיה של הכוס הראשונה מועברות באוויר באמצעות גלי קול אל הכוס השנייה ונקלטים על ידה. ה"צליל הנלווה" נוצר רק כשבהקשת נסיון, שווה גובה הטון המופק בשתי הכוסות. במקרה שאין הדבר כן, ממלאים אחת הכוסות מים, תוך בחינה חוזרת ונשנית, עד שבשתיהן גובה הטון ישתווה.

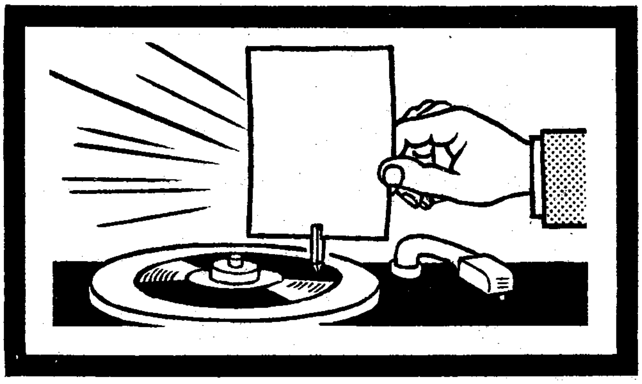
157 צלצול פעמונים



קשרו מזלג באמצע חוט, שאורכו מטר אחד לערך. כרכו את קצות החוט פעמים אחדות סביב אצבע יד ימין ויד שמאל והכניסו את קצות האצבעות לתוך האוזניים. טלטלו את המזלג כך, שיקיש בחפץ נוקשה. אם אחרי ההקשה החוט יהיה מתוח, יישמע קול צלצול רם, בדומה לצלצול פעמונים.

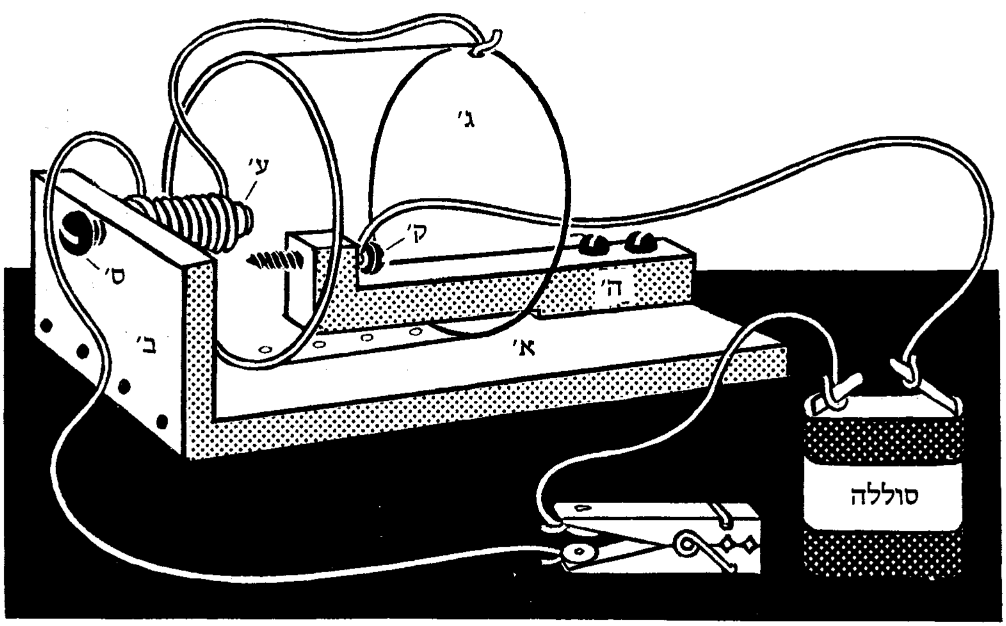
כמו מזלג-קול (מצלל) גם המתכת של המזלג הרגיל מובאת על ידי הנקישה לידי רעידה. אולם במקרה זה מועברות התנודות לא באוויר כי אם דרך החוט והאצבעות — הישר אל עורית התוף של אוזניכם.

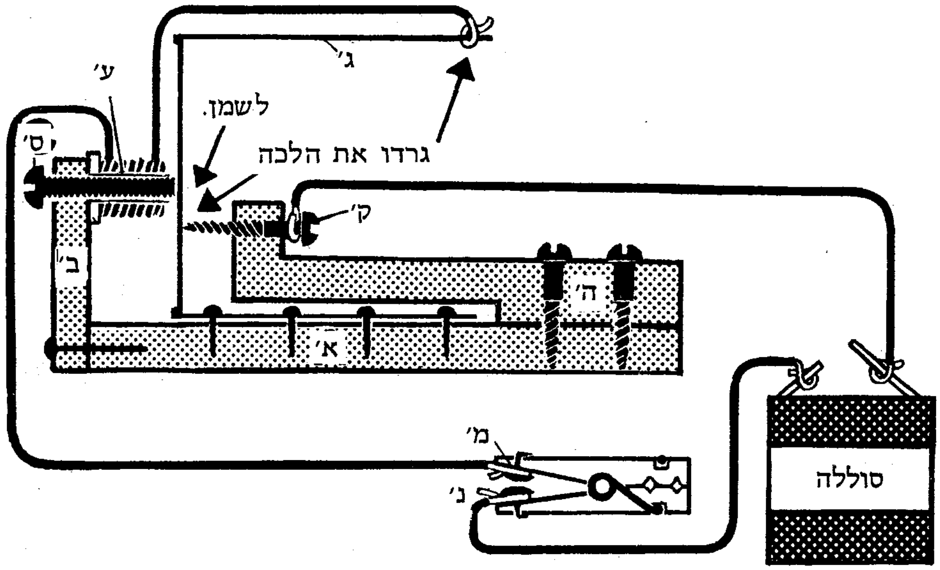
158 רמקול עשוי נייר



חתכו גפרור לשני חצאים. קחו חצי גפרור, חדדו קצה אחד ופצלו את הקצה האחר. תקעו בסדק שבקצה המפוצל דף נייר-כתיבה חלק והחזיקוהו במאונך, כשהחוד כלפי מטה. שימו על לוח הפטיפון תקליט ישן והפעילו את המכשיר. אם תצמידו את חוד הגפרור אל התקליט, תבקע המוסיקה מדף הנייר בקול רם ובבהירות, כמעט כמו מתוך הרמקול.

הגפרור נע בחריצי התקליט ומעביר את התנודות — בדומה להעברתן על ידי מחט הפטיפון — אל הנייר. תנודות הנייר מועברות בגלי קול דרך האוויר אל עורית התוף של האוזניים.


ג׳
ע׳
ק׳
ס׳
ה׳
ב׳
א׳
סוללה


ג׳
ע׳
לשמן.
גרדו את הלכה
ס׳
ק׳
ב׳
ה׳
א׳
מ׳
נ׳
סוללה

159 צופר

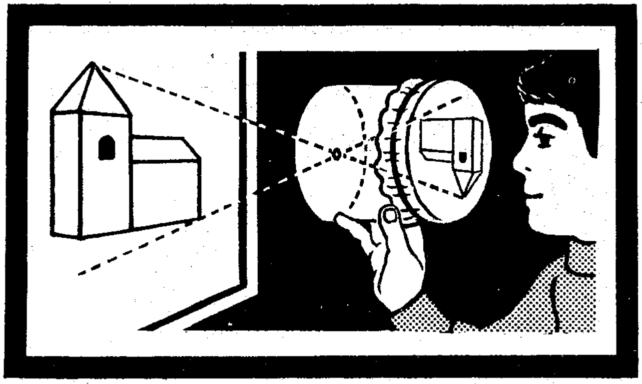
קחו קרש באורך כ-25 ס"מ — א' וחברו אליו במסמרים קופסת-פח גלילית ג'. בקצה קרש א' חברו קרש ב', וקדחו בו חור שדרכו תוכלו להבריג בורג-ברזל ס' אל אמצע התחתית של הקופסה. השאירו רווח של מ"מ 1 בין הבורג לתחתית הקופסה. כרכו סביב הבורג תחילה שכבת נייר ע' ואח"כ כ-2 מ' חוט-ליפוף (מצופה לכה). בקרש ה' מוברג בורג-עץ ק' הנוגע בצדה הפנימי של תחתית הקופסה. לפני כן גרדו את פני תחתית הפח שלפני בורג זה ומרחו בשמן. חברו בחוט מוליך את החלקים המתאימים ואל תשכחו להרחיק בנקודות החיבור חומרי-בידוד וצבע. אטב-כביסה מעץ, שאליו מחוברים החוטים בנעצים מ' ונ', משמש כמתג הצופר. לחצו עליו ותשמעו צפירה רמה.
המכשיר פועל לפי העיקרון של צופר מכונית. בלחיצה על המתג סוגרים את המעגל החשמלי. בורג ס' נהיה מגנטי ומושך אליו את התחתית של הקופסה העשויה מתכת. פעולה זו מנתקת לפני בורג ק' את המעגל החשמלי. בורג ס' מאבד את כוחו המגנטי ותחתית הקופסה מזנקת בחזרה אל בורג ק'. תהליך זה חוזר ונשנה במהירות כה גדולה, שזעזועי הפח גורמים את השמעת הצפירה.

160 צעדים בשקית

שימו זבוב בתוך שקית עשוייה נייר חלק. סגרו את השקית והחזיקו אותה במאוזן על האוזן. אם תימצאו במקום שקט, תוכלו לשמוע בבירור את קול פסיעתן של שש רגלי הזבוב ורחשים אחרים מוזרים למדי.
הנייר פועל בדומה לעור התוף. אף על פי שרק רגליו הזעירות של הזבוב מקישות בו, הנייר מובא לידי תנודה, ובהעבירו את הרחשים החרישיים, הוא מגביר את קולם עד כי נדמה, שבשקית חבוי יצור חי גדול לאין ערוך מן הזבוב הזעיר.

פלאי האור

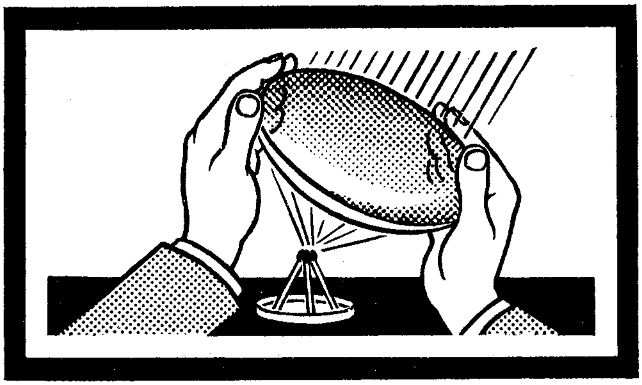
161 לשכה אפלה



נקבו חור קטן באמצע תחתיתה של קופסת פח. מתחו על פתח הקופסה נייר קלף (פרגאמנט) והצמידו את שולי הנייר המתוח בטבעת גומי אל דופן הקופסה מסביב. אם תשקיפו מבעד למתקן פשוט זה, הקרוי לשכה אפלה (קאמרה אובסקורה), מחדר אפל אל בניין מואר היטב, תופיע תמונת הבניין במהופך על החיץ האטום, העשוי, במקרה שלנו, נייר קלף.

על פי אותו עיקרון פועלת גם העין שלנו: קרני האור חודרות מבעד לאישון העין ועדשתה ומטילות על רשתית העין תמונה הפוכה. בהגיעה אל מרכז הראייה של המוח, התמונה נהפכת שנית. כך אנו רואים אותה לא במהופך אלא כפי שהיא, למעשה.

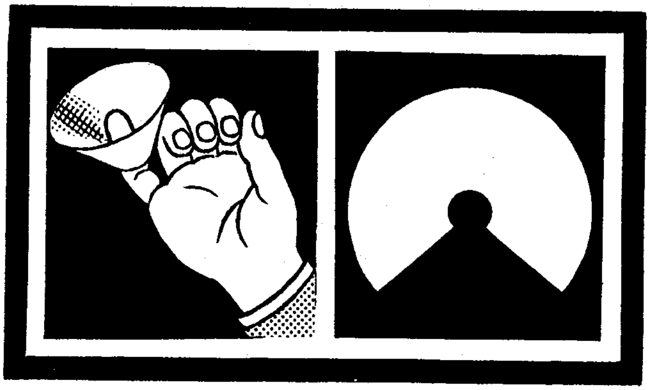
162 מצית הקרח



אפשר להבעיר אש באמצעות קרח! שפכו לתוך קערה מעוגלת וחלקה מים, שהורתחו במשך דקות אחדות. שימו בתא ההקפאה של המקרר. אחרי שהמים יקפאו היטב, חממו קלות, כדי להוציא את הקרח מתוך הקערה. באמצעות גוש הקרח המעוגל תוכלו למקד את קרני השמש, כמו בעדשה, ולהצית בו, למשל, פיסת נייר שחור ודק.

במים טריים מצוייה כמות מסויימת של אוויר, ובשעת ההקפאה אוויר זה לובש צורה של שלפוחיות זעירות, המעכירות את שקיפותו של הקרח. לעומת זאת, מים רתוחים כמעט אינם מכילים אוויר, ועל כן הם קופאים לקרח צלול. מאחר שבשעת המעבר דרך הקרח קרני השמש כמעט אינן מצטננות, הרי בהגיען אל נקודת המוקד עדיין בכוחן להצית עצמים, העשויים להידלק בנקל.

163 חימום אצבע



התקינו על פי הדוגמה שבתמונה מעין משפך מנייר כסף חלק. אם תתחבו את האצבע לפתח הקטן ותפנו אותה בכיוון השמש, תחושו בה תחושת התחממות ניכרת.
קרני השמש מוחזרים מדופן המשפך אל מרכזו ומתרכזות שם על צירו האופטי אשר — במקרה זה — הוא האצבע. אם שמים את האצבע באותו אופן במראה הקעורה של פנס-אופניים מפורק, מידת החום שנחוש תהיה כה גדולה, שלא נוכל לעמוד בה זמן רב : קרני השמש מתרכזות בנקודה אחת, היא נקודת המוקד של המראה הקעורה, שבה מוברגת, בדרך כלל, נורת הפנס.

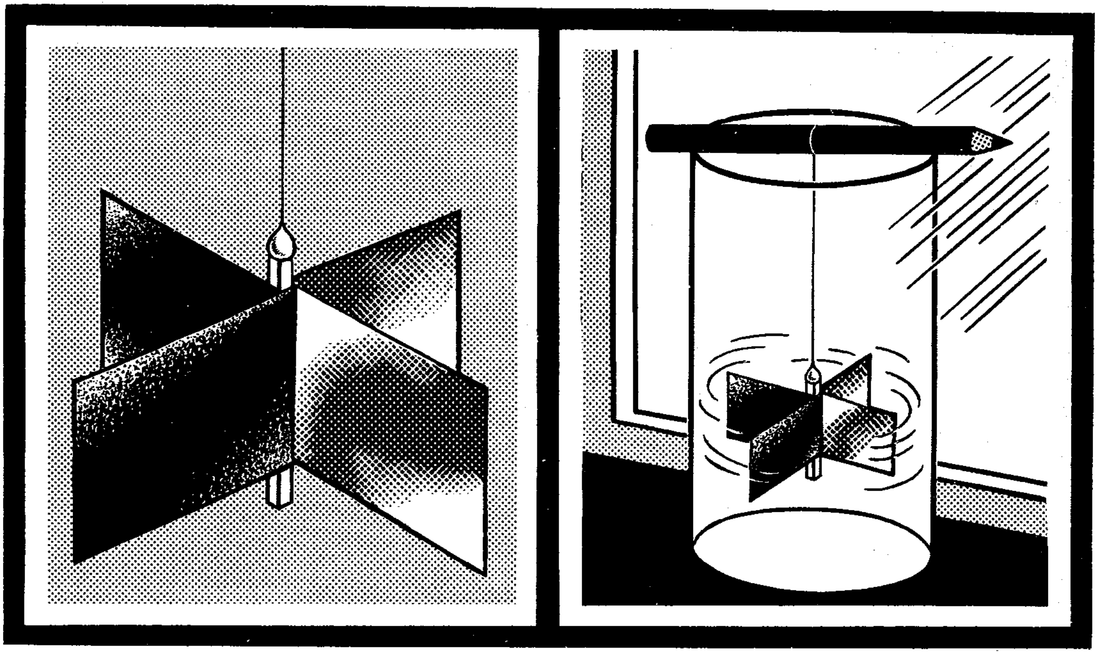
164 תנור-שמש

אפשר לרכז את קרני השמש בקערה ולאפות בחומן תפוח אדמה. קחו מרקייה או קערת סלט גדולה, שקוטר תחתיתה קטן ככל האפשר וצפו את צדה הפנימי בנייר כסף ("יריעות-אלומיניום" לשימוש ביתי, הנמכרות בגלילים), כשהצד המבריק פונה כלפי חוץ. החליקו את הקמטים בעזרת כדור גומי וכף עד שנייר הכסף ידמה לראי. קרעו את הנייר באמצע התחתית, כדי שתוכלו להצמיד אליה אנקול וואקום. קחו תפוח אדמה קטן ונעצו בו את וו-האנקול. אם ביום חם תפנו את התנור לעבר השמש, תפוח האדמה יתחיל להיאפות מיד, וכעבור זמן מה יהיה רך — מוכן לאכילה.
מפעם לפעם יש לחזור ולכוון את הקערה כלפי השמש. בפוגען בנייר הכסף, קרני השמש מוחזרות ממנו אל מרכז הקערה ומתמקדות במלוא עוצמתן בתפוח האדמה. הקערה המצופה נייר כסף ממלאה איפוא תפקיד של מחזירור. על פי אותו עיקרון בנוי, למשל, דוד השמש, מיתקן, שבהיותו מבוסס על ניצול אנרגיית השמש, פוטר אותנו מהזדקק לדלק יקר כמו חשמל או נפט.

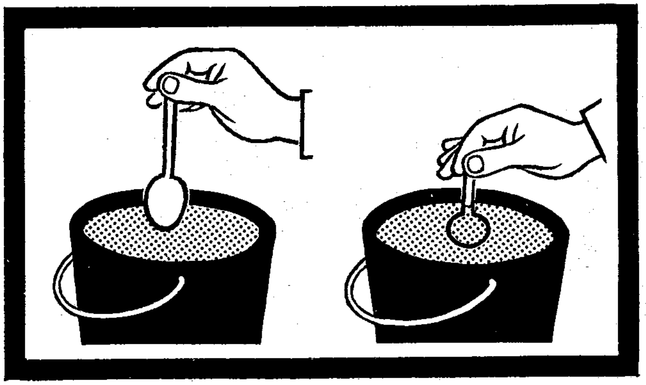
נייר כסף
אנקול וואקום
סרט - דבק

165 טחנת-אור

הכינו ארבעה מרובעים של נייר כסף בגודל 3×4 ס"מ. אם משתמשים בנייר כסף של אריזת סיגריות יש להסיר ממנו את שכבת הנייר הרגיל. הדביקו את ארבעת הריבועים אל גפרור קטוע ראש, בדומה לחישורי הגלגל של טחנת מים. את הצדדים העמומים של מרובעי הכסף יש להשחיר מעל להבה של נר. לצורך זה יש להחזיק מאחורי המרובע להב של סכין. מטפטפים על אחד מקצות הגפרור טיפת דבק מגע, ומושכים בזהירות, עד שהדבק מתמתח לחוט דקיק. המתינו עד שחוט הדבק ייבש. שימו צנצנת גבוהה בשמש ותלו בה את הטחנה: היא תסתובב בלי הרף.
אנו יודעים, שמשטחים כהים מתחממים באור השמש יותר ממשטחים בהירים. ואמנם בהפרשי חום אלה טמון סוד תנועתה המתמדת של טחנת האור שלנו. בקולטם את קרני האור, הצדדים המפויחים של ריבועי הכסף מתחממים פי עשרה מן הצדדים המבהיקים, הדוחים את האור: הפער בין שיעור קרינת החום של הצד המפוייח והצד הבהיר שבכל אחד מריבועי הכסף, הוא הגורם את התנועה הסיבובית המתמדת.



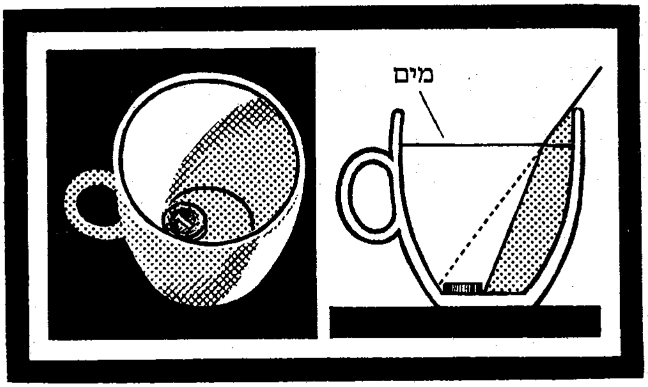
166 הכף המתקצרת



אם תטבלו במאונך כף בדלי מים ותסתכלו בה, אותו חלק מן הכף, השקוע במים, ייראה פתאום הרבה יותר קצר.

טעות אופטית זו מקורה בכך, שקרני האור המוחזרות מן הכף הטבולה, אינן מגיעות לעיניים בקו ישר. בהגיען אל פני המים הן נשברות. כלומר, הן מוסחות מכיוונן בזווית הסחה מסויימת, ועל כן, למראית עין, חודה של הכף קרוב לפני המים משהוא באמת: מאותה סיבה, עצמה, עקב שבירת האור מקוות מים נראות תמיד רדודות משהן למעשה.

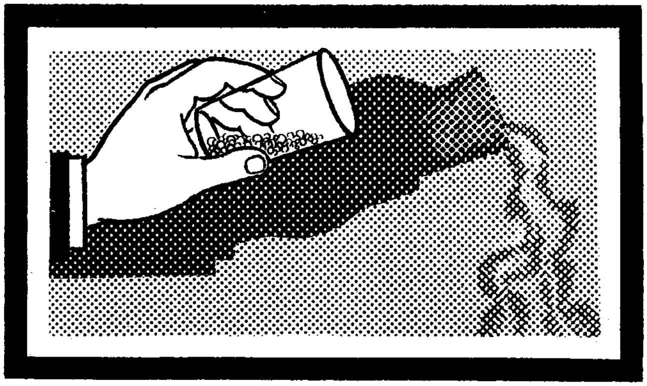
167 משחק-צללים



שימו בספל מטבע של אגורה, כך שיימצא בסמוך לדופן. העמידו את הספל באופן כזה, שקרני האור יגיעו אליו במלוכסן ושצל שוליו של הספל יכסה בדיוק את המטבע. כיצד אפשר לחלץ את המטבע מן הצל, בלי להניע לא את הספל ולא את המטבע עצמו, ובלי להיעזר במראת-כיס?

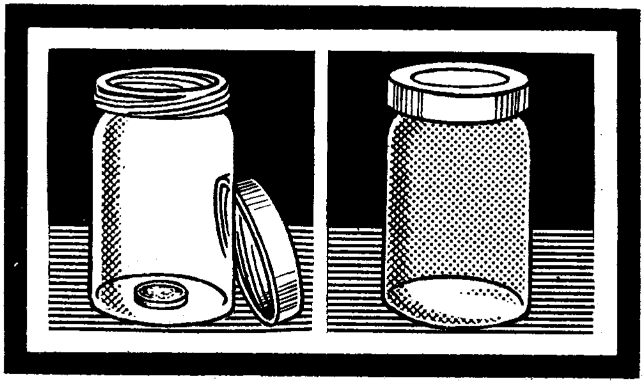
הפתרון פשוט בתכלית! אין אלא לשבור את קרני האור. כיצד עושים זאת? ממלאים את הספל מים ומיד יסור הצל הצדה. בפוגען בפני המים אין מהלך קרני האור נמשך בקו ישר, אלא הן נשברות כלפי מטה בזווית מסויימת, ובכך הן מצמצמות את תחום הצל.

168 מערבולת גז



כאשר יוצקים חומץ על סודה לשתייה (פחמת הנתרן), נפלטת דו-תחמוצת הפחמן. גז זה הוא בדרך כלל בלתי נראה, אבל יש אמצעי לראותו: מחזיקים את הכוס עם תוכנה התוסס בשמש, על רקע בהיר. עתה רואים את הגז, הכבד מתערובת האוויר, כשהוא "נשפך" מן הכוס במערבולות כהות ובהירות. לדו-תחמוצת הפחמן "סמיכות אופטית" שונה מן האוויר, על כן נשברות קרני האור בעוברן דרך עננת גז זה. המערבולות הבהירות שעל הקיר נוצרות במקומות שאליהם מופנה אור רב אחרי שבירתו. המערבולות הכהות נוצרות במקומות שבהם שבירת הקרניים מכוונת אותן מן הגז והלאה.

169 מקסם אור

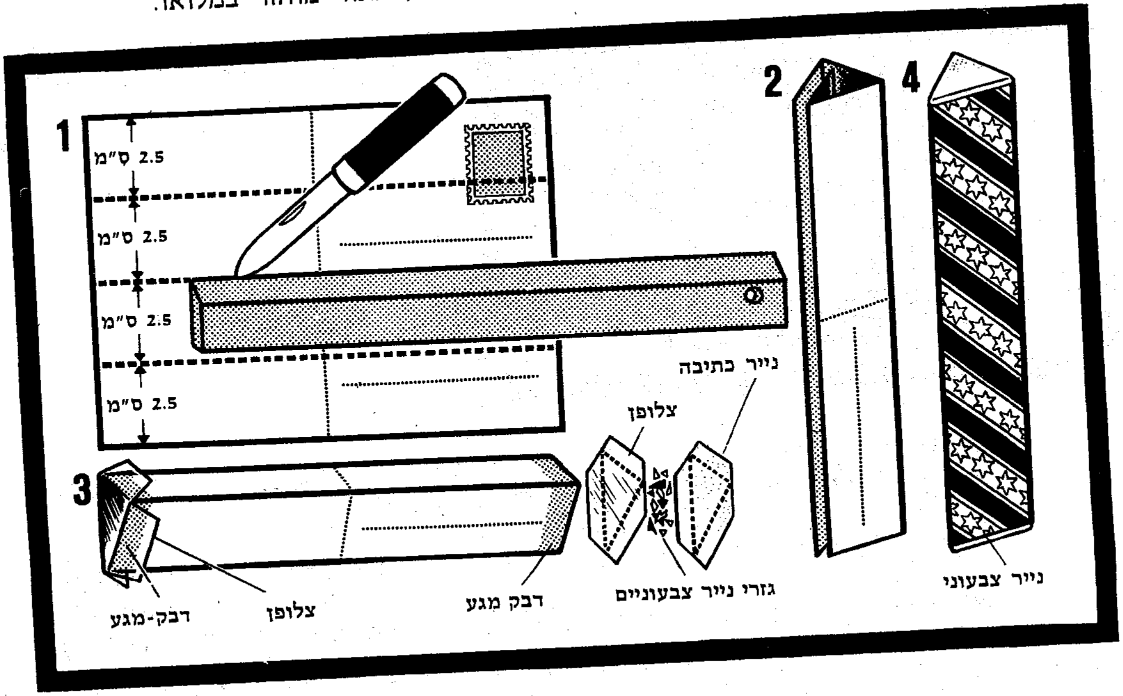


העמידו צנצנת זכוכית על גבי מטבע שעל השולחן. המטבע ייראה כנתון בתוך הצנצנת. עתה מלאו את הצנצנת מים וכסו אותה במכסה. הפלא ופלא, המטבע נעלם כלא היה! קרני האור החוזרות מן המטבע דרך הצנצנת הריקה מגיעות הישר אל עינינו. אולם, כאשר ממלאים את הצנצנת במים, קרני האור אינן עוברות בתחתית הזכוכית. הן פוגעות במים בזווית קהה, הן נשברות וחוזרות כלפי מטה. נוצר ברק-כסף זוהר. תופעה זו קרוייה "החזרה שלמה".

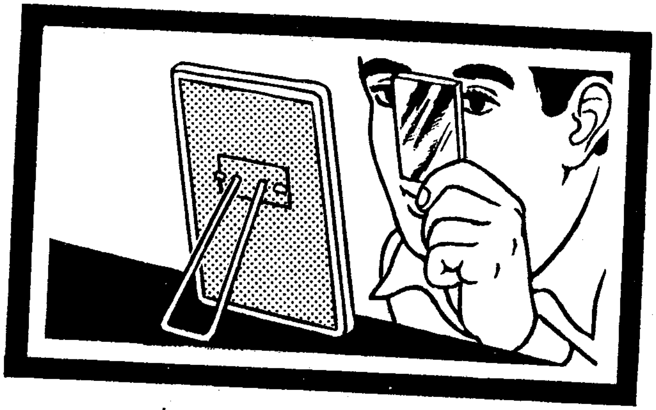
170 קליידוסקופ

כדי להתקין קליידוסקופ במו ידיכם, נחוצה לכם גלוייה מצויירת, שתמונתה מודפסת על נייר מבריק מאוד. ישרו (במקרה הצורך) במספרים את שולי הגלוייה וחלקו את הצד הלבן לאורך, כך שיתקבלו ארבעה פסים שווים ברוחב 2.5 ס"מ. חרצו קלות את קווי החלוקה, כופפו לאורך החריצים והדביקו כשצדה המבריק של הגלוייה מופנה כלפי פנים, כך שתתקבל תבנית של מנסרה משולשת. את שני הפתחים סגרו על ידי הדבקת נייר צלופן שקוף, ובאחד הצדדים הדביקו על הצלופן גם נייר כתיבה לבן. אך לפני הסגירה יש להכניס פנימה גזרי צלופן צבעוניים, כך שיוכלו לנוע חופשית בתוך חלל המנסרה. אם תציצו מבעד לצלופן השקוף לתוך המנסרה, תראו בה פסיפס צבעוני נהדר. יתרה מזו: די בנגיעת אצבע קלה ליצור מירקם צבעים חדש, שונה מקודמו, אך מרהיב עין כמוהו.

שלושת המשטחים המבריקים של הגלויה המכופפת פועלים כמו מראות ומכפילים את בבואתם של גזרי הצלופן. עם זאת, תמונת התשקיף תהיה פחות חדה ובהירה משהיתה, אילו השתמשנו במראות של ממש, מאחר שחלק מקרני האור בכל זאת נבלעות במשטח הקרטון המבריק, שעה שבפוגען במראה, האור מוחזר במלואו.

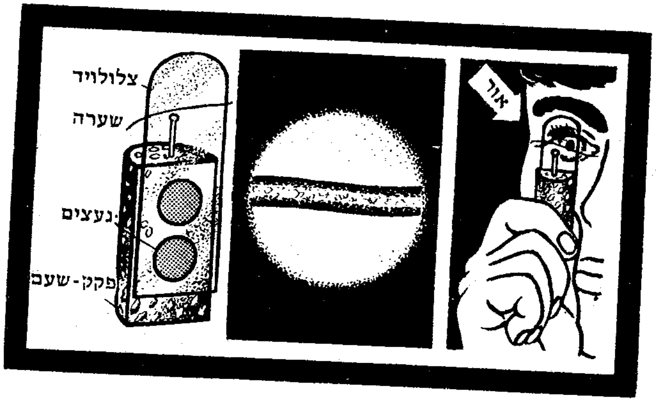


171 מבט אל האין-סוף



החזיקו בין העיניים מראת-כיס, באופן כזה, שמשני צדדיה תוכלו להביט במראה גדולה יותר, הניצבת לפניכם. אם שתי המראות יימצאו בקו מקביל זו לזו, תתגלה שורת השתקפויות לאין ספור, המתמשכת, בדומה למנהרה עשוייה זכוכית למרחק אין סופי. מאחר שלזכוכית של מראה גוון ירקרק קל, נבלע עם כל השתקפות מקצת מן האור, כך, שככל שגובר המרחק, התמונה מאבדת מקצת מחדותה. למרות זאת ניסוי זה מעניין, מפני שיש בו כדי להמחיש לנו את מושג ה"אין-סוף".

172 הסיכה הזוהרת

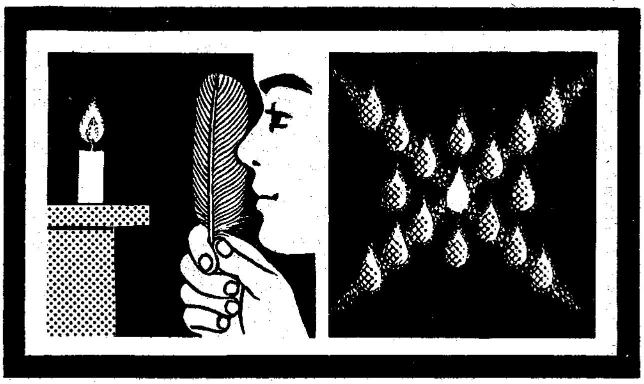


חצו פקק-שעם לאורכו. נעצו בו סיכה רגילה. חברו לפקק — בעזרת 2 נעצים — לוחית צלולויד כמגן לעיניים. החזיקו את אשר בניתם לנוכח נורה חזקה למדי והתבוננו מבעד ללוחית הצלולויד — קרוב-קרוב לעיניים — אל ראש הסיכה. הוא ייראה בעיגול-אור גדול כצלחת. הרטיבו קמעה את הצלולויד ושימו עליו שערה. היא תיראה עבה כאצבע במעגל האור.
ראש הסיכה נראה כראי זוהר. האור הנופל עליו מוחזר לצדדים ועל כן מאיר שטח בגודל מתאים על רשתית העין.

173 הגדלה מוזרה

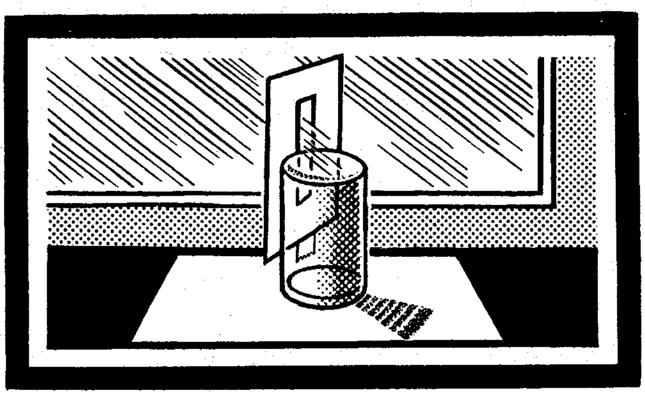
נקבו במחט נקב זעיר בריבוע קרטון. החזיקו את הריבוע בסמוך לאחת העיניים והסתכלו מבעד לנקב. אם תקרבו אל הריבוע עיתון, תיווכחו להפתעתכם, שהכתב ייראה הרבה יותר גדול וברור.
תופעה זו מבוססת בעיקרה על תהליך הקרוי "הסחת האור". חדותה היתרה של התמונה מושגת — כמו במצלמה, תודות להשפעתו המצמצמת של הנקב הזעיר, הבולם את חדירתן של חלק מקרני האור, שעשויות היו לטשטש את התמונה.

174 קשת צבעים בנוצה



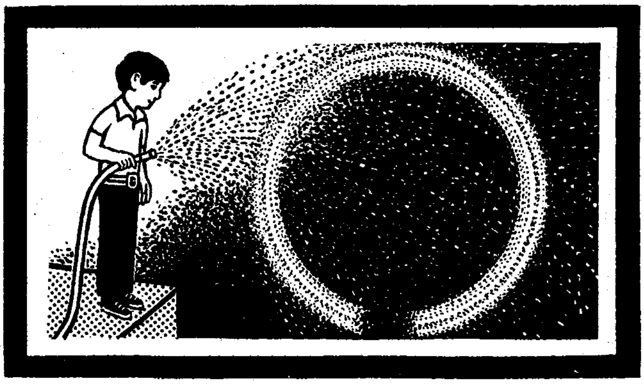
הדליקו נר בחדר חשוך. קחו נוצה גדולה (של תרנגולת או של ציפור כלשהי), החזיקו אותה בסמוך לאחת העיניים והתבוננו בנר ממרחק של מ׳ 1 בקירוב. תופתעו לראות, שהלהבה תופיע מוכפלת למערך-להבות מצטלבות, כשהיא מבהיקה בצבעי הקשת.
בין ההסתעפויות הסדירות של הנוצה מצויים סדקים צרים בעלי שוליים חדים. בפוגעה בסדקים אלה, אלומת האור מוסחת מכיוונה בזווית, היא זווית-ההסחה, ותוך כך האור הלבן מתפרק לצבעי היסוד שלו. כשמשקיפים בו-זמנית מבעד לכמה סדקים כאלה, רואים את הלהבה מוכפלת פי כמה.

175 צבעי הקשת (ספקטרום)



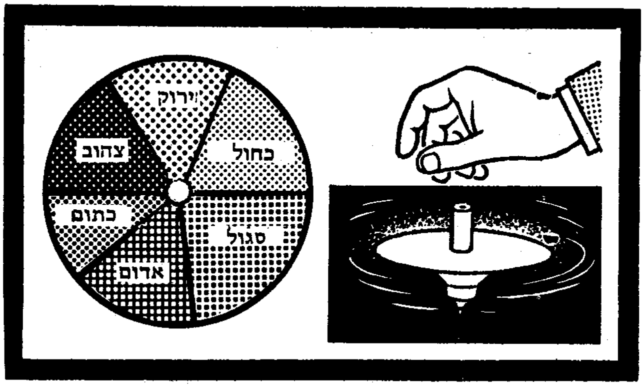
שימו על אדן החלון דף נייר לבן והציבו עליו כוס חלקה של תה, מלאה מים עד שפתה. חברו אל הכוס גלויית דואר, שחרצתם בה חריץ בגודל 1×10 ס"מ והעמידו את הכוס כך, שצדה האחורי של הגלוייה יהיה מופנה אל השמש: פס של אור-שמש יוטל מבעד לחריץ על פני המים ואילו על דף הנייר, למטה, מול הגלוייה, תופיע קשת צבעים מרהיבה, שאפשר להבחין בה בבירור בפסי אדום, כתום, צהוב, ירוק, תכלת, כחול וסגול.
ניסוי זה אפשר לבצע רק בשעות הבוקר או לפנות ערב, כאשר קרני האור שטוחות למדי, כלומר, בשעה שבפוגען במים, הזווית שבין קו הקרינה לבין פני המים חדה מאוד. בפוגעו בפני המים ובדופן הזכוכית, האור הלבן מתפרק למרכיביו. דרך אגב, הניסוי עשוי להצליח גם אם משתמשים במקור-אור בפנס כיס חזק.

176 גלגל צבעוני



תופעת הטבע הקרוייה "קשת בענן" אכן ניגלית לפנינו בצורת קשת, כלומר חצי עיגול. אך אם יש ברצוננו לראות תופעה זו בעיגול שלם, נוכל לעשות כן. כל אשר דרוש לשם כך, הם אור השמש וצינור מים: צאו בשעות אחר הצהריים המאוחרות לגינה ועלו על כסא כשהגב אל השמש. אם תתיזו מן הצינור נתזי מים דקים, יופיע לפניכם גלגל צבעוני!
אור השמש משתבר ברסיסי המים, כשכל רסיס מבהיק באחד מצבעי הקשת. אולם העין קולטת רק את צבעיהם של רסיסי המים, הנושרים בתחום מעוגל בזווית ראייה של 85 מעלות. רק צלך קוטע, קטע צר, את גלגל הצבעים.

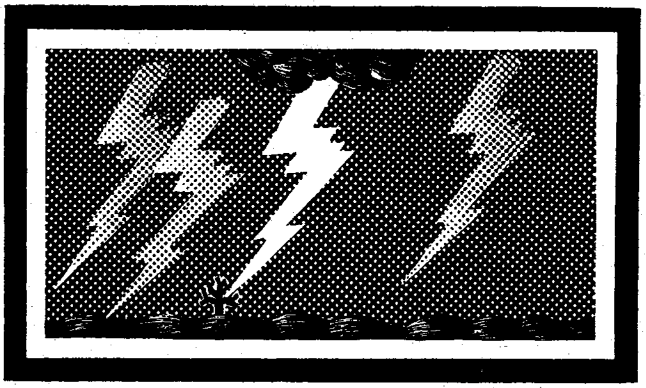
177 סביבון צבעים



גזרו מקרטון לבן עיגול בקוטר 10 ס״מ ונקבו את מרכזו. צבעו על פי הדוגמה שבתמונה את קטע העיגול בצבעי מים נקיים, הדביקו את העיגול על מחציתו של סליל חוטים (חתך-רוחב), העבירו בחור הסליל שארית של עיפרון וסובבו כמו סביבון: כבמטה קסם ייעלמו הצבעים והעיגול ייראה לבן.

178 ברקים משמים כחולים

(תמונה באחורי הכריכה)

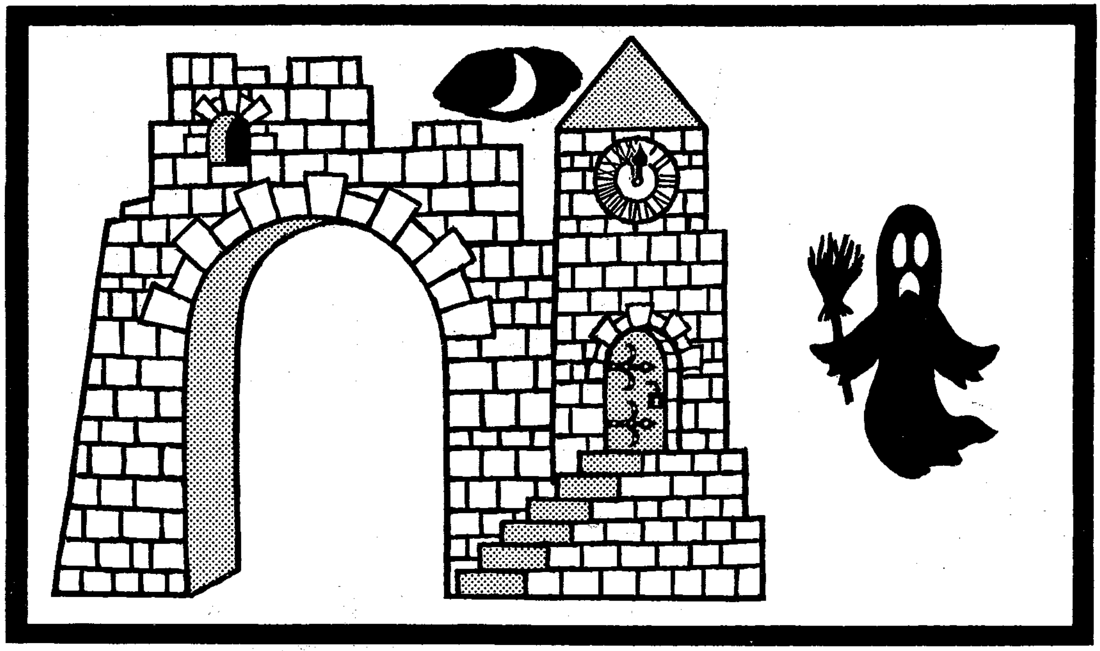


אם תביטו בתכלת השמים שבתמונה, בהפניית הראש לסירוגין ימינה ושמאלה, תראו לפניכם ברקים מבזיקים בלי הרף באור בהיר.

כיצד להסביר תופעה זו? כאשר מתבוננים בתמונה, היא נרשמת ברשתית העין. רישומו של צבע אדום משתהה על הרשתית זמן ממושך יותר מרישומו של צבע כחול. כך קורה, שלהרף עין שני הצבעים חופפים זה את זה על הרשתית ושני הצבעים הללו יחדיו יוצרים במוחנו את הרושם של אור בהיר. כל פעם שמבטנו חוזר ועובר מצבע אל צבע נוצרת תמונת-ברק מדומה חדשה. על כן, בכל שנמשיך בכך נוסיף לראות ברקים משמיים כחולים.

179 רוח רפאים בטירה

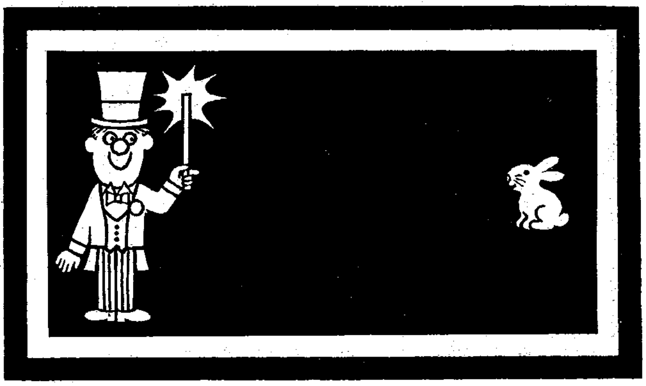
בטירה עתיקה זו מהלכת בלילה רוח רפאים לבנה! התאבו לראותה? החזיקו את תמונת הטירה במרחק קריאה רגיל. הביטו באור בהיר בדמות השחורה שמימין, תוך נעיצת מבט במשך דקה בפיה הלבן. עתה הפנו את המבט שמאלה והתבוננו בשער הטירה. כעבור כ-10 שניות תופיע בו תמונתה המדומה של דמות רפאים לבנה.
בשעה שמתבוננים בדמות שמימין, אותו קטע של הרשתית, שהשטח השחור פוגע בה, נשאר בלתי מואר. שאר עצבי הראייה מסתנוורים מן הנייר הבהיר ומתעייפים במהרה. בהביטנו לאחר מכן בשער הטירה, אין עצבי הראייה העייפים קולטים את לובנו של הנייר במלוא בהירותו אלא כמשטח אפור. לעומתם העצבים הרעננים מבחינים בגוון הלבן של הנייר בבהירות יתרה. עקב כך שטחי הלבן והשחור כאילו מתחלפים ורואים תמונה מדומה: רוח רפאים לבנה בפתח השחור של שער הטירה. רק כעבור זמן מה, כאשר עצבי הראייה ישתוו — דמות הרפאים הלבנה תיעלם.



180 דג-זהב באקווריון
(תמונה בצד האחורי של הכריכה)

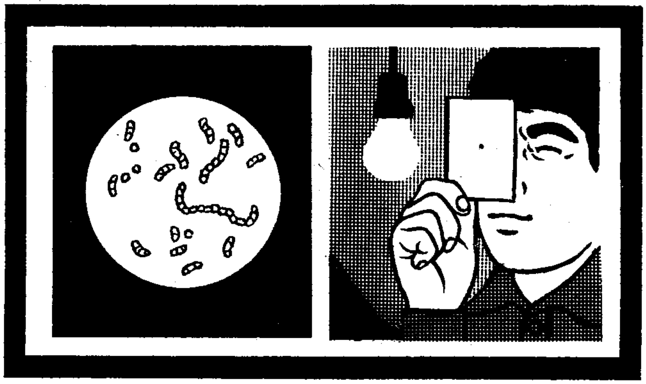
התבוננו באור בהיר בתמונת הדג הלבן והאקווריון. נעצו עיניכם במשך דקה בעינו של הדג. אם תפנו אחר כך את המבט אל הנקודה שבאקווריון הריק, הרי כעבור שניות מספר תראו שם פתאום מים ירוקים ודג אדמדם.
כאשר העיניים מביטות זמן מה בתמונה השמאלית, מתעייף אותו קטע של הרשתית רגישת האור, שקלט את קרינת השטח האדום. עקב כך מתקהה רגישותם של עצבי הראייה הפגועים לגבי הצבע האדום וכשמפנים את המבט אל השטח הלבן שבתמונה הימינית, אין הם קולטים עוד את הקרניים האדומות, המהוות אחד ממרכיביו של האור הלבן: הם קולטים בעיקר את המרכיבים הכחולים והצהובים, היוצרים יחדיו צבע ירוק. ואילו אותו קטע של הרשתית, שקלט את הדג הלבן רושם עתה את תמונת הצבע המנוגד לירוק — הוא האדום. באותה הדרך אפשר ליצור תמונות מדומות גם מצבעים אחרים. כל צבע עשוי ליהפך לצבע המנוגד לו, כלומר, למשל, כחול ייהפך לצהוב, צהוב לכחול וירוק לאדום.

181 להיכן נעלמה הארנבת



התבוננו בתמונה ממרחק קריאה רגיל. עצמו עין שמאל ונעצו עין ימין במטה הקסמים. אם תשנו לאט את מרחק התמונה מהעיניים כי אז — הוקוס פוקוס — הארנבת תיעלם פתאום.
רשתית העין שלנו מורכבת ממיליוני תאי עצבים רגישי-אור. רק במקום אחד אין תאים אלה פועלים והוא מקום מוצאו של עצב הראייה, המעביר את רישומי האור אל המוח. כאשר, עקב תנועת הציור, תמונת הארנבת המוטלת על הרשתית נתקלת באותה "נקודה מתה" אין אנו מסוגלים לראותה.

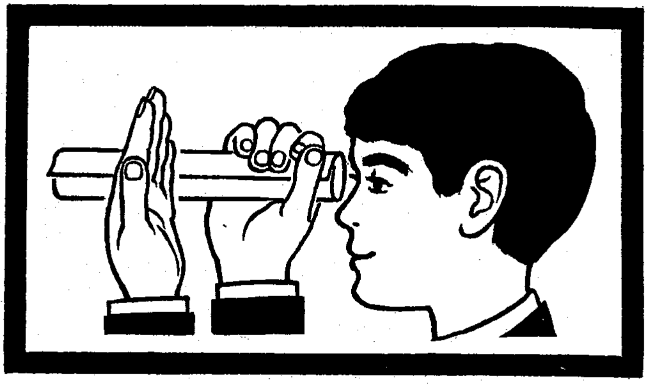
182 אבק בעיניים



קחו כרטיס קרטון ונקבו בו נקב זעיר. החזיקו את הכרטיס קרוב לעין והביטו מבעד לנקב אל נורת חשמל אטומה, דולקת: תגלו בשדה הראייה גופים משונים המרחפים כמו שלפוחיות זערוריות.

לא, אין זו טעות אופטית! גופים אלה הם עיכורים זעירים בעינינו, המטילים צל על רשתית העין.

183 חור ביד



גלגלו גליון נייר כתיבה. השקיפו בעין ימין מבעד לגליל, ומשמאלו החזיקו את יד שמאל במאונך, כשכף היד פתוחה. להפתעתכם תגלו, כי חור ניבעה, לכאורה, במרכזה של כף היד. כיצד נוצר רושם מדומה זה?

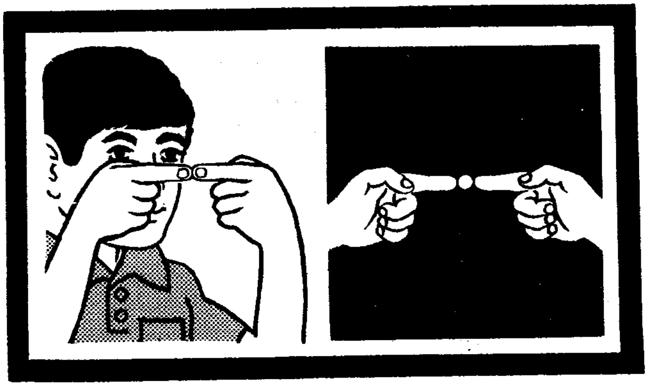
עין ימין רואה את חללו הפנימי של גליל הנייר, ואילו עין שמאל רואה את כף היד השמאלית. גם כאן, כמו בראייה רגילה, הרשמים, שכל עין קולטת בפני עצמה, משתלבים במוח לתמונה פלאסטית אחת. תוצאת שילוב זה במקרה שלפנינו, היא תמונה, שאינה אלא צירוף הרשמים השונים של כל אחת מהעיניים.

184 חללית לירח

החזיקו את התמונה כך, שקצה האף ייגע בכוכב, וסובבו אותה לאט לאט שמאלה. החללית תמריא למרחבי החלל ותנחת על הירח.

בשעת ראייה כל עין בפני עצמה קולטת, בדרך כלל, אותה התמונה. שני רישומי התמונה הנקלטת מועברים אל המוח ושם הם משתלבים לשלמות פלאסטית. אולם כשמקרבים את הציור שבספר אל קצה האף, העין הימינית יכולה לראות רק את החללית, ואילו העין השמאלית רואה רק את הירח. תנועת הסיבוב יוצרת את הרושם המדומה של המראת החללית ונחיתתה.

185 כדור מסתורי

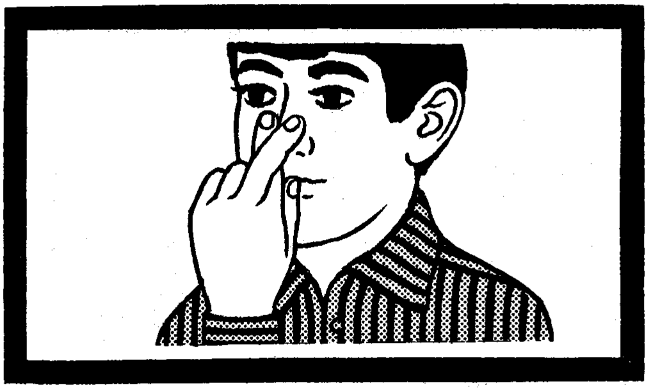


החזיקו שתי אצבעות במרחק כ-30 ס"מ מקצה האף, כך שקצותיהן יגעו זה בזה, והסתכלו מעליהם אל הקיר שממול. אם תעשו כן, תבחינו בכדור קטן, התקוע, כביכול, בין שתי האצבעות.

כאשר מסתכלים מעל האצבעות, המבט מופנה אל הקיר. אותה שעה אמנם רואים גם את האצבעות, אך בשל זווית הראייה המיוחדת, שתמונתן נקלטת ברשתית, אין שתי התמונות מתמזגות במוח לתמונה אחת. על כן רואים את קצות האצבעות, כאילו היו כפולים ולבסוף הם מתמזגים — בראייה — לגוף מדומה עגול או מוארך.

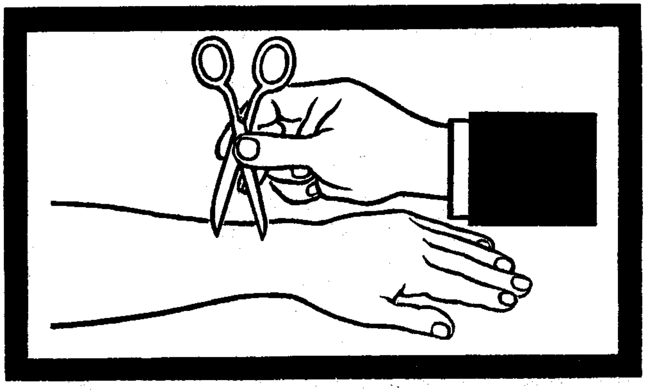
תעתועי חושים

186 האף הכפול



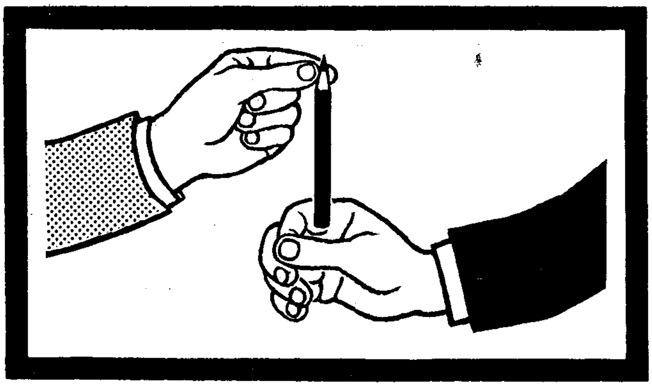
שלבו אצבע ואמה ושפשפו בקצותיהן את קצה האף מזה ומזה. למרבה הפליאה תחושו בשני אפים.
על ידי שילוב האצבעות מתחלף מיקום צדדיהן. הצדדים, שבדרך כלל הם מרוחקים זה מזה, נמצאים עתה בסמוך זה לזה ויחד הם נוגעים בקצה האף. כל אצבע בפני עצמה משדרת אל המוח את דבר מגעה עם האף. בכך הן מטעות אותו באשר אין הוא מביא בחשבון את העובדה כי — שלא כרגיל — האצבעות משולבות.

187 מבחן מישוש



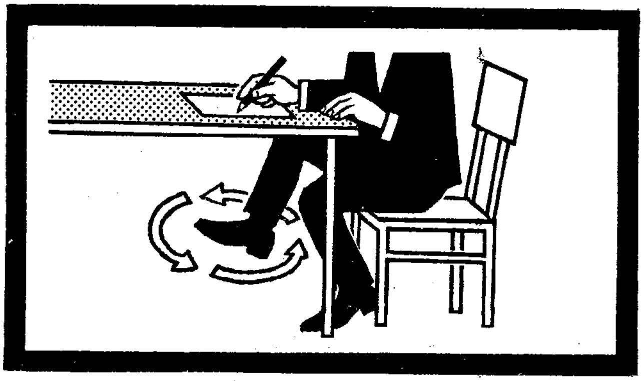
בחנו את חוש המישוש של אחד החברים. בקשו ממנו, לעצום את עיניו. פתחו מספריים, כך שהפער בין שני הלהבים יהיה כ-3 ס"מ, וגעו בשני החודים יחד בזרועו. החבר יחוש בחוד אחד בלבד. חזרו על ניסוי זה בחלקי גוף אחרים.
מתברר, כי חוש המישוש של האדם אינו מפותח במידה שווה בחלקי גופו השונים. הזרוע או הגב מגלים רגישות פחותה מן הפנים, למשל. רגישות מיוחדת מגלות האצבעות. אם מצמידים אל קצה האצבע מספריים ואפילו יהיו פתוחים אך במעט, האצבע תבחין, כי אכן שני חודים נוגעים בה.

188 שניית האימה



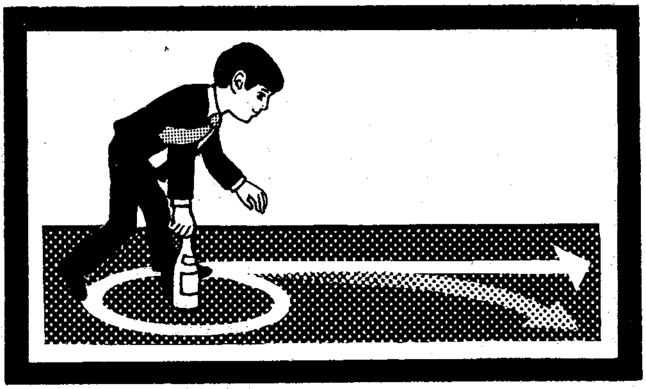
בקשו מחבר להושיט ידו בתנוחה של אגרוף רפוי, כך שקצה האגודל נח על האצבע. קחו עיפרון, החזיקו אותו במאונך, בגובה מועט בדיוק מעל היד, מוכנים להפיל אותו. האם סבור החבר, כי יצליח לתפוס את העיפרון בנפילתו על ידי קימוץ האגרוף הפתוח? מן הסתם יאמין כי אין דבר פשוט מזה, אך הוא טועה: הדבר לא יעלה בידו.
ברגע שהעין מבחינה בנפילת העיפרון, היא מאותתת למוח ומודיעה לו על כך. המוח מגיב על הודעה זו בהעבירו אל היד את הפקודה "לתפוס". תהליך זה גוזל, כמובן, זמן ופקודת המוח מגיעה אל היד באיחור. לא כן הדבר, אם הניסוי מבוצע על ידי אדם אחד, כלומר, כששתי הפעולות — גם הפלת העפרון וגם תפיסתו נעשות על ידי אותו אדם. מדוע? מפני שבמקרה זה פקודות הביצוע לשתיהן ניתנות בו-זמנית, וגורם האיחור מתבטל. משך הזמן שבין הבחנת מצב מסויים על ידי החושים לבין התגובה המעשית עליו, מכונה "שניית האימה". לגבי נהג, למשל, הנקלע למצב מסוכן, הפסד זמן זה עלול להיות גורלי ולעלות לו בחייו.

189 מדוע היד מתבלבלת?



נתערב שלא תצליחו לכתוב את שמכם, אם בו-זמנית תבצעו תנועות סיבוביות באחת הרגליים? נסו ותיווכחו, כי יותר משרבוטים בלתי קריאים לא תוכלו להעלות על הנייר.
אמנם תצליחו לרשום כראוי קווים מעוגלים שכיוונם ככיוון סיבובי הרגל, אך ברגע שהכתיבה תצריך מתיחת קווים בכיוון ההפוך, היד תתבלבל, העט יתרוצץ על הנייר והתוצאה: שרבוט גמור! מסתבר איפוא, שתנועות הרגל מסוגלות להתגנב אל כתב היד שלנו. הסיבה לכך נעוצה בעובדה, שלשם ביצוע כל פעולה בפני עצמה דרושה מידת ריכוז כה רבה, עד כי, פשוט, אי אפשר לבצע כראוי את שתיהן בעת ובעונה אחת. דרך אגב, בצורה דומה ייפגם כוח הריכוז שלנו אם נניח לרדיו לנגן, בשעת הכנת שיעורים.

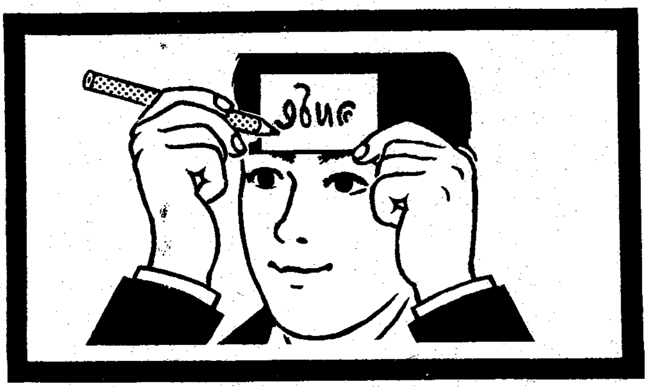
190 הקפות



הציבו על הרצפה בקבוק, אחזו בקצה צווארו והקיפו אותו בריצה שלוש פעמים. אם תנסו, אחרי ההקפה השלישית לגשת בקו ישר אל מטרה כלשהי, בטוח שתחטיאו אותה.

איבר שיווי המשקל שבאוזן התיכונה, הוא שעולל תעלול זה. איבר זה מכיל נוזל, שהתנועה הסיבובית של הראש מביאה גם אותו לידי תנועה. כך מועבר התהליך אל המוח וזה מצדו דואג לכך, שנעשה תנועות נגדיות מתאימות, לשמירת שיווי המשקל שלנו. אולם, אם מסתובבים במהירות רבה ונעצרים פתאום, הנוזל שבאוזניים עדיין במצב של תנועה, ועל כן גם המוח ימשיך להגיב בהתאם, כך שעל פי פקודתו הרגליים מוסיפות לנוע בקו מעוגל — גם בניגוד לרצוננו!

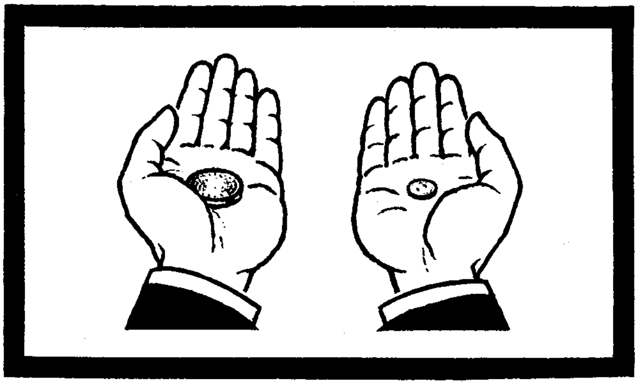
191 היכן הטעות?



החזיקו לפני המצח פיסת נייר נוקשה ונסו לכתוב עליה את השם. תתפלאו לראות, מה כתבתם.

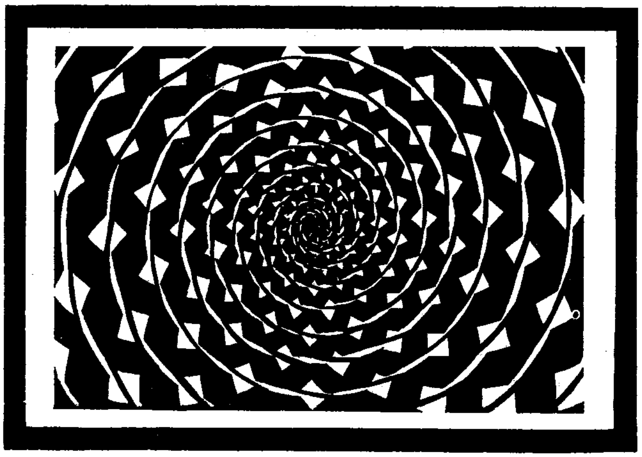
השם יהיה כתוב במהופך, כלומר בכתב-ראי (קחו ראי, החזיקו לפניו את פיסת הנייר ותיווכחו!) הטעות היתה בכך, שמתוך הרגל מתחילים לכתוב בצד ימין. אך יש לזכור, כי הפעם, שלא כרגיל, אין הנייר נמצא ממולך, כי אם בצד ההפוך מזה, כלומר, באותו צד, כמונו.

192 מה משקל המטבע ?



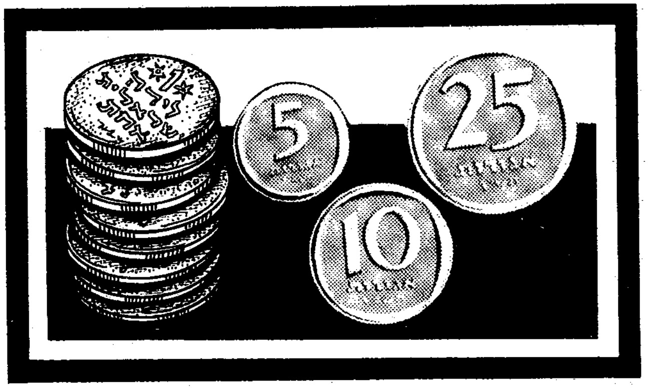
כמה מטבעות של 5 אגורות דרושים כדי לאזן מטבע של לירה אחת ? האם 10, 20 או 50 ? קרוב לוודאי שגם אתם טעיתם בהערכה !
בתודעתנו חרות מטבע של לירה אחת כמטבע כבד ועבה, ואילו מטבע של 5 אגורות מגלם משהו קטן, פחות. שקלו את המטבעות ותיווכחו, שדרושים רק 4 מטבעות של 5 אגורות כדי לאזן מטבע של לירה אחת.

193 מה רואים ?



התבוננו בתמונה זו בתשומת לב. מן הסתם תתרשמו, כי לפנינו צורה חלזונית (ספיראלית).
בדיקה בעזרת מחוגה תוכית, כי רושם זה מוטעה, וכי לפנינו מעגלים מרכזיים (קונצנטריים). הסידור המיוחד של צורות הרקע הוא מקור הטעות האופטית.

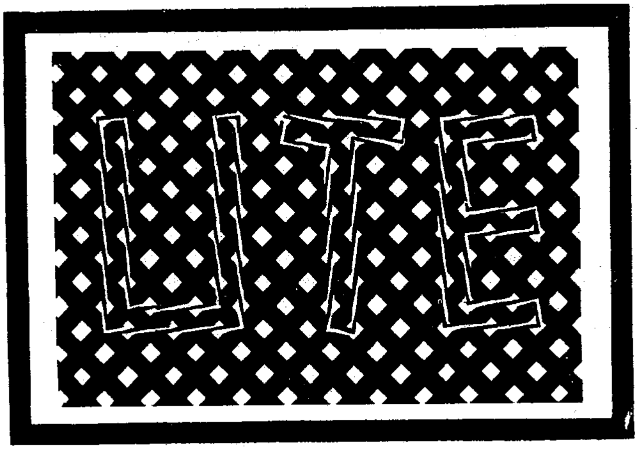
194 מה עובי המטבעות ?



נתערב ששוב תטעו בהערכה ? תוכלו לחזור על ניסוי זה עם כל אחד מחבריכם, ותיווכחו כל פעם מחדש שאנו טועים בהערכת מידותיהם של מטבעות. תארו לעצמכם שאתם מניחים 8 מטבעות של לירה אחת זה על גבי זה. לקוטרו של איזה מטבע יתאים גובה "מגדל" הלירות ?

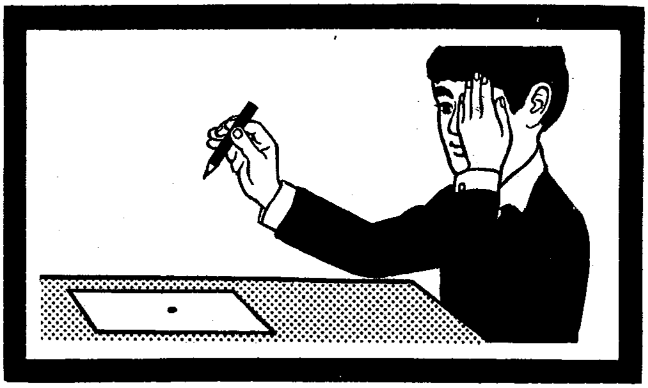
בוודאי טעיתם בהערכה, כי במחשבה המטבעות עבים מכפי שהם במציאות. אפילו נבצע את הניסוי ונניח את מטבעות הלירה זה על גבי זה, נטעה בהערכתנו. הגובה כמעט זהה לקוטר מטבע של 5 אגורות בלבד !

195 אותיות שיכורות



על בד משובץ רקומות אותיות לועזיות בחוט רקמה שזור מחוט לבן וחוט שחור. היש ספק שהאותיות עקומות ? הסרגל יוכיח, כי האותיות ישרות בהחלט. הפסים האלכסוניים של הרקע המשובץ וחוט הרקמה העשוי שני צבעים — הם המטעים את העין ויוצרים את הרושם המדומה של אותיות נטויות.

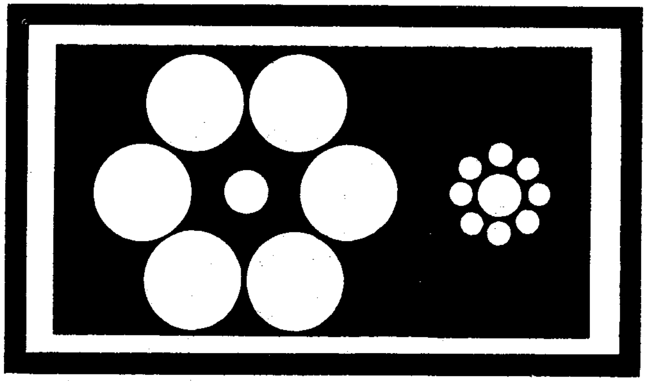
196 אומדן מרחקים



סמנו על דף נייר נקודה ושימו את הדף על השולחן. אם תקחו עיפרון ביד ותנסו לקלוע בו אל הנקודה תצליחו בכך בנקל. אולם אם עוצמים עין אחת, הסיכויים לקלוע למטרה כמעט אפסיים.

בעין אחת קשה מאוד לאמוד מרחק, מפני שרק השימוש בשתי העיניים מאפשר ראייה פלאסטית, כלומר, תלת-ממדית, הממחישה גם את עומקו של חלל כלשהו. כל אחת משתי העיניים צופה אל הנקודה מזווית ראייה אחרת (שימו לב, כיצד הזוויות משתנות, אם קרבים אל הנקודה). על פי גודלן של זוויות אלו, המוח מסוגל לקבוע בדיוק רב למדי, מה גודל המרחק שבין העיניים לבין הנקודה.

197 מי גדול יותר ?

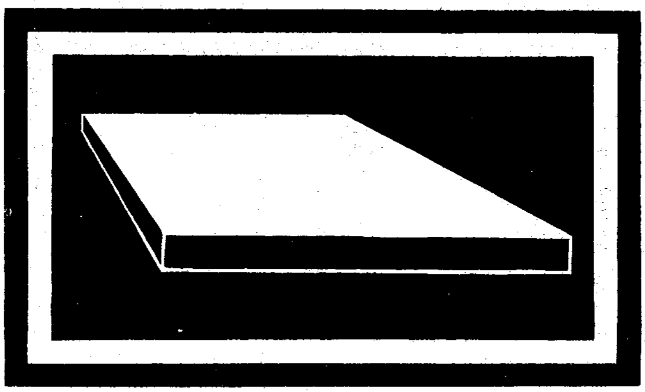


התבוננו היטב בשתי מערכות העיגולים שבתמונה. איזה משני העיגולים המרכזיים גדול יותר ?

שני העיגולים שווים בגודלם ! הרושם המוטעה, כאילו העיגול המרכזי הימיני גדול מזה של מערכת העיגולים השמאלית, נוצר בשל העובדה, כי בתת-ההכרה שלנו אין אנו מסתפקים בהשוואת העיגולים המרכזיים בלבד, אלא משווים גם כל אחד מהם עם מערכת העיגולים המקיפה אותו. לכן העיגול הימיני נראה בעינינו גדול יותר.

בדרך דומה ניתפס לטעות אופטית, שעה שנתבונן, למשל, בירח. כאשר הירח נמצא בסמוך לקוו האופק, הרי בלי שנהיה מודעים לכך, אנו משווים אותו לבתים ולעצים. על כן הוא נראה אז לעינינו הרבה יותר גדול משהוא נראה, שעה שהוא תלוי במרומי הרקיע.

198 תעלומת הלוח הלבן



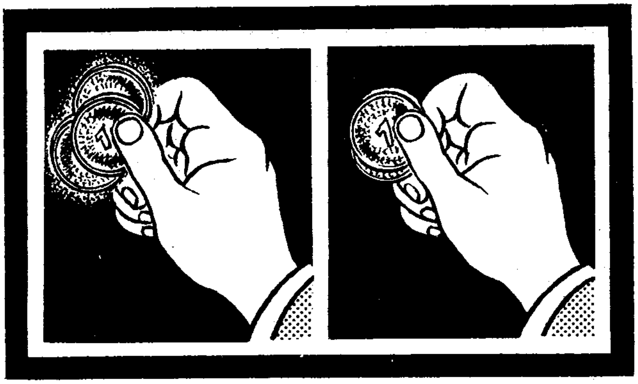
העלו בדמיונכם את מטבעות הכסף השונים שלנו ותארו לעצמכם שאתם מניחים אותם בזה אחר זה על המשטח הלבן שבתמונה, בלי שיגעו בשוליו. מה לדעתכם סכום הכסף הגדול ביותר במטבעות, שתוכלו להניח על לוח זה ?
בגלל היותו מצוייר בפרספקטיבה, הלוח נראה בעינינו הרבה יותר גדול משהוא באמת. להגברת הרושם המוטעה תורמת גם העובדה, שהאור החזק המוחזר מן המישור הלבן, מאיר במקצת גם אותו חלק של הרשתית, הקולט את הרקע השחור. תופתעו עד כמה טעיתם בהערכה: סכום הכסף הוא אפס. אפילו מטבע של אגורה אחת גדול מדי !

199 מה מסתובב — הפטיפון או התקליט ?

(ראו גם תמונה על הכריכה)

אם תניעו את הפטיפון שבתמונה לפני עיניכם בתנועות סיבוביות, יידמה לכם שהתקליט מסתובב.
לתנועה מדומה זו של התקליט סיבות אחדות. עקב תנועת התמונה, גם זווית קרני האור הנופלות על התקליט וגם זווית הראייה שלנו משתנות ומתחלפות בלי הרף ויוצרות בעיניו של המסתכל אזורים בהירים וכהים, החולפים, למראית עין, לרוחבו של התקליט. אולם העין, שאינה מסוגלת לעקוב במהירות הדרושה אחרי חילופים אלה, רואה תמונה מדומה של סיבובי תקליט רגילים.

200 המטבע המדומה

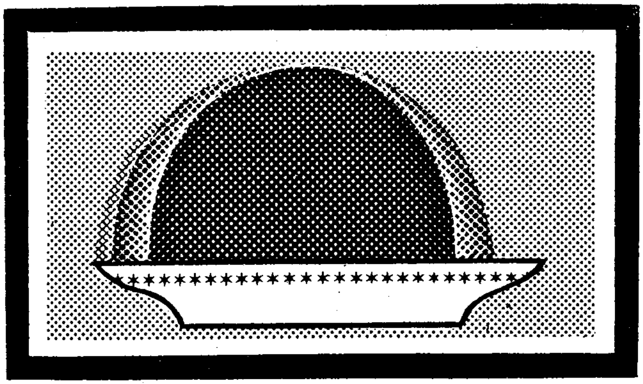


החזיקו בין אגודל לאצבע שני מטבעות בני לירה אחת, וחככו אותם זה בזה. אם תתבוננו היטב תגלו מטבע שלישי, שנע למראית עין בין שני האחרים. מה הגורם לטעות אופטית מפתיעה זו?

העין שלנו אינה מגיבה במהירות הדרושה, עד שתוכל לעקוב כראוי אחרי תנועתם המהירה של שני המטבעות. בכל פעם תמונת המטבעות משתהה עוד רגע קט על הרשתית, למרות שלמעשה הם הספיקו בינתיים להמשיך בתנועתם. מסתבר, כי גם העין שלנו נתונה למגבלות של כוח ההתמדה. אנו רואים איפוא את שני המטבעות הממשיים בתנועה, ובנוסף עליהם גם את תמונתו המדומה, המושהה, של מטבע שלישי, כביכול.

201 היגלוש הפודינג מן הצלחת?

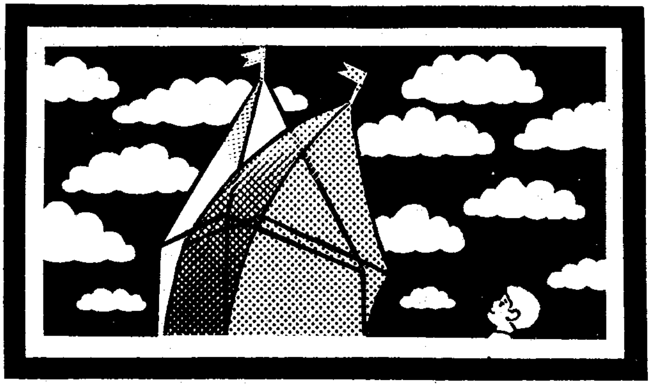
(תמונה בצד האחורי של הכריכה)



החזיקו את התמונה הצבעונית של הפודינג בצלחת (רצוי באור חשמל עמום) במרחק קריאה רגיל, והניעו אותה לצדדים הנה והנה. נדמה, שהפודינג מתחיל לרעוד ולהתנדנד עד שכמעט יגלוש מעל שפת הצלחת.

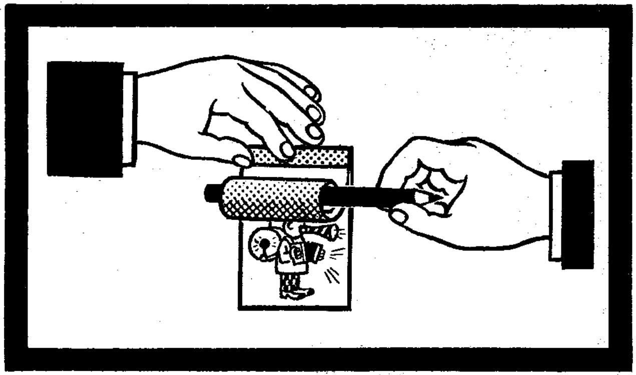
הרושם, כאילו הפודינג מתנדנד, נוצר בשל העובדה, שרישומי צבעים חמים (כגון אדום וחום, למשל) משתהים על רשתית העין זמן רב מרישומי צבעים קרים (כגון כחול וירוק), כאשר מניעים את התמונה, רישומי הרקע והצלחת מתחלפים על הרשתית כסדרם, בהתאם לתנועה, בעוד הפודינג, בשל צבעו, מפגר במקצת אחרי התנועה. בשל פיגור זה נוצר הרושם, כאילו הפודינג רועד ומתנדנד כמו פודינג אמיתי.

202 זהירות — מגדל מתמוטט!

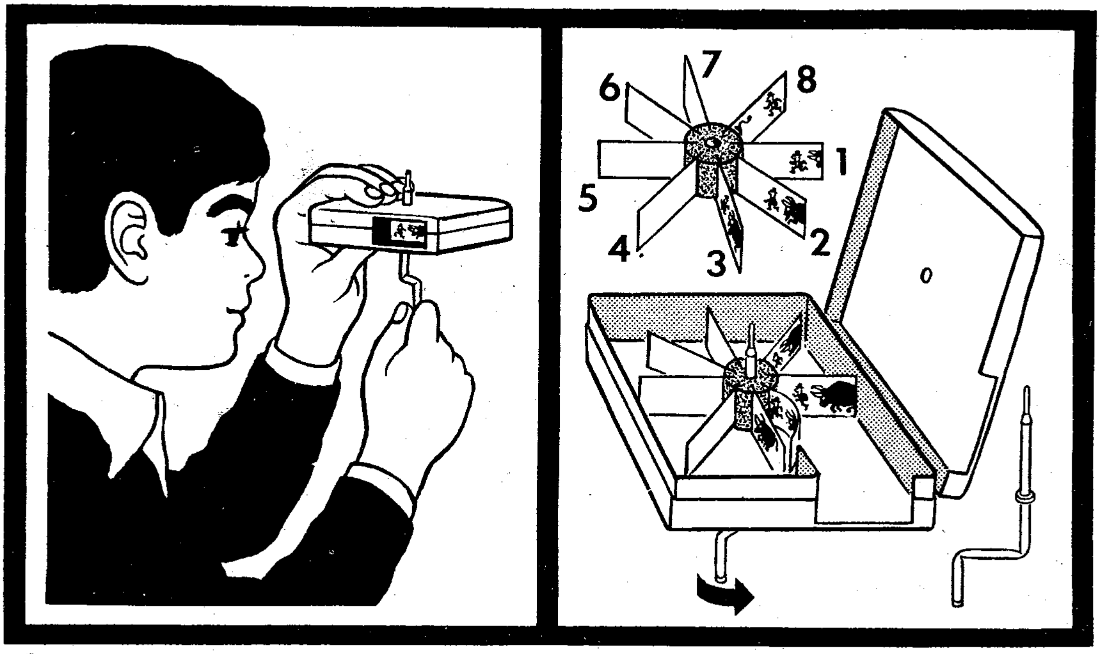


אם נעמוד לפני מגדל גבוה ונתבונן בעננים השטים בכיוון המבט, ייווצר הרושם, כאילו המגדל נוטה ליפול ועומד להתמוטט עלינו.
רושם זה נוצר, מפני שאנו רואים את המגדל לא כפי שהוא באמת, כלומר, ניצב על הקרקע, אלא כאילו היה גוף המרחף באוויר. העין אינה מסוגלת להבחין מה נע בשמיים — העננים או ראש המגדל. אותה טעות אופטית עשויה לקרות לנו בשבתנו בקרון רכבת: נדמה לנו שאנו נוסעים, אך למעשה נוסעת רכבת אחרת על הפסים המקבילים ואילו הרכבת שלנו עומדת. תופעה זו מנוצלת בהסרטת סרטי קולנוע: ציור או צילום של נוף נע מאחורי דמות קבועה במקומה. כשצופים אחרי כן באותה התמונה בסרט, בטוחים, שהדמות, היא המתנועעת על רקע הנוף.

203 תמונות חיות



גזרו את שתי התמונות שבעמוד האחרון למעלה, הדביקו את קצותיהן העליונים כשתמונה מס׳ 1 מונחת על תמונה מס׳ 2 וגלגלו את התמונה העליונה. אם תניעו את הגליל בעזרת עיפרון מעלה מטה, ייווצר הרושם, כאילו הדמות שבתמונה מתנועעת.
רישומי התמונות הנקלטים על ידי העין שלנו מתמזגים במוחנו ויוצרים רושם של תנועה. ״אפקט קולנועי״ זה נראה כאן מקוטע למדי, מפני שהוא נוצר על-ידי שתי תמונות בלבד. בסרט קולנוע של ממש עוברים לפני עינינו לא פחות מ-24 תמונות בשנייה, ובסרט טלוויזיה אפילו 25 תמונות בשנייה, ועל כן אנו רואים תנועה רצופה ובלתי מטושטשת.

204 קולנוע-כיס

הדביקו אחד משלושת פסי התמונות, שבעמוד הבא, על נייר-קרטון וגזרו כך שיהיו 8 תמונות נפרדות. קחו פקק-שעם בקוטר ס״מ וחצי, נקבו אותו באמצע, התקינו בו מסביב 8 חריצים ונעצו בחריצים את שולי התמונות לפי הסדר הנכון (ראו מספרים בשולי התמונות). קחו קופסת סיגרים, פתחו בדופן הצדדי של הקופסה פתח באורך 3 ס״מ, והדביקו 2 ס״מ ממנו בזווית ישרה פנימה. צבעו את פנים הקופסה בשחור ונקבו את המכסה ואת התחתית בנקודת האמצע. כידית ישמש מילוי ישן של עט כדורי. כופפו קצה אחד של גליל המילוי ואת הקצה השני נעצו בנקב שבתחתית. הלבישו עליו את הפקק עם התמונות וסגרו את הקופסה, תוך העברת קצה המילוי בנקב שבמכסה. אם תסובבו את הידית ימינה תצפו בהצגת סרט קצר.
שעה שמסובבים את הידית, כל אחת מן התמונות ניגלית רגע לעין ומיד היא מתחלפת באחרת. מאחר שהעין מסתגלת למצבים משתנים באיטיות יחסית, רישומה של כל תמונה עדיין משתהה על הרשתית, גם אחרי שהתמונה עצמה כבר התחלפה באחרת. כשעוברת לפני העיניים סידרת תמונות, התמונות הבודדות מתמזגות בראייתנו לתנועה מדומה. גילוי זה נעשה בשנת 1830, ועד היום פועלת גם מכונת ההקרנה היותר משוכללת באולמי הקולנוע וגם קולנוע הכיס שלנו על פי שיטה זו.